

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntatekniikka
Vesa Borg

Opinnäytetyö

Talonrakennuksen maarakenteiden ohjeet ja normit

Maarakennusurakoitsijan näkökulma

Työn ohjaaja
Työn tilaaja

lehtori, diplomi-insinööri Hannele Kulmala
Pirkan Kaivin Oy, ohjaajana työmaapäällikkö, rakennusinsinööri AMK
Arto Salo

Borg, Vesa
Talonrakennuksen maarakenteiden ohjeet ja normit. Maarakennusurakoitsijan näkökulma
44 sivua
Toukokuu 2010
Hannele Kulmala
Pirkan Kaivin Oy, Arto Salo

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tutkittiin talonrakennuksen maarakenteisiin kohdistuvia ohjeita ja normeja. Teoksia on monta ja ne sisältävät valtavan määrän tietoa niin suunnittelijalle kuin rakentajallekin. Tiedon etsiminen työmaalla vie kallisarvoista aikaa ja joskus tiedon puuttuminen vasta kallista onkin. Maarakennustyössä on suotavaa, että työnjohtaja on mieluummin kaivinkoneen kuin kirjahyllyn äärellä. Työn tavoitteena oli selvittää, voitaisiinko tätä normistoa tiivistää taskussa kuljetettavaan muotoon.

Työtä varten tutkittiin keskeisiä maarakennusnormeja, kuten MaaRYL:iä, Pohjarakennusohjeita ja Talonrakennuksen maarakenteita. Näistä ja muista teoksista poimittiin maarakennusurakoitsijan kannalta olennaista tietoa, kuten toleransseja ja rakennustapaohjeita. Tutkimukseen oli käytettävissä rajallinen määrä aikaa, joten esimerkiksi InfraRYL rajattiin pois tästä työstä.

Tutkimuksen sivutuotteena saatiin lähdeteoksia tiiviimpi aineisto, jota voidaan sinänsä käyttää työmaalla hyväksi. Tutkimuksen tulos oli, että tämän opinnäytetyön aineiston pohjalta voidaan laatia tiivistetty pohjarakennusohje. Tätä aineistoa käytettäessä on huomioitava, että normit uusiutuvat jatkuvasti, joten tietojen ajantasaisuus tulee varmistaa säännöllisesti.

Borg, Vesa

Instructions and standards of building construction's ground structures. Ground contractors point of view

44 pages

June 2010

Hannele Kulmala

Pirkan Kaivin Oy, Arto Salo

ABSTRACT

This study was about the instructions and standards of building construction's ground structures. The number of the books is large and they contain a huge amount of information for the constructor as well as for the contractor. Searching for the correct information on the building site takes expensive time, but sometimes operating without the information can be even more expensive. It is desirable for a foreman to be next to an excavator rather than a bookcase. This study aimed to find out if these standards could be condensed into a couple sheets of paper.

For this thesis, many Finnish standards of ground construction, for example MaaRYL, Pohjarakennusohjeet and Talonrakennuksen maarakenteet, were researched. From these writings is picked the most essential information, such as tolerances and methods of construction. As the amount of time for the research was limited, for example InfraRYL was delimited out from this thesis.

Spin-off of this thesis was a compact material that is ready to use on a building site. The result of the thesis was that it is possible to condense these standards into a couple sheets of paper. If using this material, however, it must be noticed that standards renew all the time so it must be ensured that information is up to date.

Sisällysluettelo

1 Johdanto	6
1.1 Työn taustaa	6
1.2 Yrityksen esittely	6
1.3 Työn tavoitteet	6
1.4 Työn rajaukset	7
2 Lähtötiedot	8
2.1 Rakenteiden luokitus	8
2.3 Ohjeiden ja normien merkitys	8
2.3 Ohjekirjojen esittely	9
2.4 Pätemisjärjestys	9
3 Kaivu, louhinta ja paalutus	11
3.1. Kaivu	11
3.1.1 Yleistä kaivusta	11
3.1.2 Alueen kaivanto	12
3.1.3 Rakennuskaivanto	13
3.1.4 Luiskattu kaivanto	14
3.2. Louhinta	16
3.2.1 Yleistä louhinnasta	16
3.2.2 Suunnitelmat	16
3.2.3 Alueen kalliokaivannot	17
3.2.4 Rakennuksen kalliokaivannot	17
3.2.5 Kanaalit	18
3.3 Paalutus	18
3.3.1 Yleistä paalutuksesta	18
3.3.2 Paalutuksen toleranssit	20
4 Täyttö	21
4.1 Yleistä täytöstä	21
4.2 Täyttötyö talviolosuhteissa	21
4.3 Perustukset ja alapohja	22
4.4 Vierustäyttö	23
4.5 Johtokaivanto	24

4.6 Liikenne- ja piha-alue	25
4.6.1 Yleistä liikenne ja piha-alueesta	25
4.6.2 Penkereet.....	25
4.6.3 Rakennekerrokset.....	27
5 Putki- ja johtoasennus.....	30
5.1 Yleistä putki- ja johtoasennuksesta	30
5.2 Kaivot ja tarkastusputket	32
5.3 Salaojat.....	33
5.3.1 Yleistä salaojista	33
5.3.2 Alueen salaojitus.....	33
5.3.3 Rakennuspohjan salaojitus	33
6.1 Yleistä pintarakenne- ja kasvillisuustyöstä	36
6.2 Kasvualustat	36
6.3 Betonikivipäällysteet	37
6.4 Luonnonkivipäällysteet	40
6.5 Reunatuet	41
7 Johtopäätökset ja loppupäätelmät	42
8 Jatkotoimenpiteet	43
Lähteet	44

1 Johdanto

1.1 Työn taustaa

Työskentelin kesällä 2009 työnjohtoharjoittelijana Pirkan Kaivin Oy:ssä, joka on suurehko maarakennusyritys Pirkanmaalla. Johtamani työmaat olivat Tampereella Ratinanrannan kerrostaloalueella sekä automarketti Lielahdessa. Vastuullani oli monia maarakennustöitä näillä työmailla, joissa maarakennusurakoitsija toimi aliurakoitsijana. Pääosin yhteistyö pääurakoitsijan kanssa sujui hyvin, mutta joskus työsuorituksen laatu aiheutti erimielisyyksiä.

Erimielisyyksiä yritettiin pohtia nopeasti paikan päällä, ja argumentit olivat kirjavia ja muistinvaraisia. Osapuolet jopa arvioivat valmista työtä silmämääräisesti ja ottivat sitten kantaa esimerkiksi betonikiveyksen pinnan suoruuteen. Asiallisempi tapa olisi ollut tarkastaa, mitä betonikiveystä käsitteleviin normeihin on kirjoitettu ja verrata sitä kiveyksestä tehtäviin mittaustuloksiin.

Talonrakennuksen maarakentamista ohjaa suuri joukko eri määräyksiä, ohjeita ja normeja. Ne on painettu kirjoiksi, ja tavallista kerrostalotyömaata koskevia kirjoja on kymmenkunta. Kirjat sisältävät erittäin yksityiskohtaista tietoa suunnittelusta, rakentamisesta ja jopa rakennusajan jälkeisestä toiminnasta. Kirjoja on hankala kuljettaa mukana ja niiden kaikkien hankkimiseen kuluu paljon rahaa.

Hankalien tilanteiden lomassa aloin pohtia, olisiko tarvittava tieto mahdollista tiivistää muutamalle A4-liuskalle, jotka sitten olisivat aina taskussani. Asiaa päätettiin tutkia tämän opinnäytetyön avulla.

1.2 Yrityksen esittely

Pirkan Kaivin Oy esittelee toimintaansa verkkosivuillaan seuraavasti: Pirkan Kaivimen toimiala on maarakennus. Se urakoi kokonaisvaltaisesti talon-, tien ja kunnallistekniikan rakentamiseen liittyviä maarakennustöitä. Palveluihin kuuluu kaivu, louhinta, paalutus, kiviainestoituminen, kunnallisteknisten putkien asennus sekä vihertyöt.

1.3 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on ollut tutkia, voidaanko talonrakennuksen maatoissa noudatettavat määräykset, ohjeet ja normit tiivistää taskussa kuljetettavaan muotoon. Teos toimisi tällöin tämän tutkimuksen tilaajan työkaluna työnjohdossa. Sen tulisi olla selkeä ja nopealukuinen, mutta silti esitettävän asiasisällön tulisi olla sama kuin lähdeteoksessakin.

Tämän työn pohjalta pitäisi pystyä laatimaan tiivistetty pohjarakennusohje. Tutkimusraporttia itsessään ei voi käyttää sujuvasti työmaalla apuvälineenä.

1.4 Työn rajaukset

Työ on rajattu käsittelemään tutkimushetkellä voimassa olevia suomalaisia rakennusalan ohjeita ja normeja. Tarkemmin sanottuna käsiteltävät asiakirjat koskevat talonrakennuksen maarakenteita. Tutkimuksessa on keskitytty vain talonrakennuksen maarakenteisiin, joten esimerkiksi kadun tai tien rakentamista siinä ei ole käsitelty. Tämän vuoksi esimerkiksi Infra RYL 2006 ei ole kuulunut lähdeaineistoon. Toisaalta usein kadun pintauksessa käytettyä betonikiveystä on tutkittu tässä työssä, koska sitä käytetään paljon talojen pihoissa. Asiakirjoista on erityisesti tutkittu numeerisia toleransseja työn laadulle, mutta myös rakennustyön tekijän kannalta olennaisia sanallisia ohjeita.

Tutkimusta on tehty maarakennusurakoitsijan näkökulmasta, joten esimerkiksi pelkästään suunnittelua koskevat normit on sivuutettu. Näkökulmasta johtuen tutkimus on painottunut tilaajayrityksen teknisiin toiminta-alueisiin. Työssä on pyritty huomioimaan jokapäiväisessä rakennustyössä esiin tulevia ongelmakohtia, joten harvinaisia tekniikoita ei ole käsitelty tässä tutkimuksessa. Sen sijaan jopa itsestään selvänä pidettyjä asioita on tutkittu, jotta tilaaja voisi olla varma normien mukaisista toimintatavoista.

Ohjeiden ja normien tiivistäminen on hankalaa, koska pitää punnita mikä on oleellista tietoa. Koska tiivistäminen on prosessi, jota voi ja tulee jatkaa, on tässä työssä siksikin varottu liikaa karsimista.

2 Lähtötiedot

2.1 Rakenteiden luokitus

On olemassa eritasoisia rakenteita. Luonnollisesti ydinvoimalan rakenteet ovat tiukemman tarkastelun kohteena kuin rivitalon jätekatoksen. Sallituissa poikkeamissa eli toleransseissa on tällöin eroja. RIL:n ohjeissa rakenteille asetetut vaatimukset on luokiteltu eri luokkiin roomalaisin numeroin I ollessa vaatimuksiltaan tiukin. Luokituksen tulisi ilmetä suunnitelmista, mutta mikäli näin ei ole, käytetään samaa luokkaa kuin muissakin saman kohteen rakenteissa (MaaRYL 2000, 2002).

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa puolestaan esiintyy vaativuusluokitus, joka ottaa kantaa myös rakentajien pätevyyteen. Erittäin vaativa kohde on AA, vaativa A ja helppo B (RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet, 2005).

2.3 Ohjeiden ja normien merkitys

Kankaisen (2001) mukaan rakentamisen laatu on varsin moniulotteista ja sen määrittely riippuu vahvasti näkökulmasta. Tavallisesti vahvin näkökulma on asiakkaalla, joka haluaa suunnitelmiansa vastaavan tuotteen. Kankainen kirjoittaa, että laatua käsitellään subjektiivisten kokemusten tai mitattavien suureiden kautta. Jos urakoitsijan tuotetta arvioitaisiin aina asiakkaan subjektiivisen kokemuksen perusteella, olisi urakoitsijalla usein paljon korjattavaa. Asiakas tietenkin haluaa mahdollisimman korkealuokkaisen tuotteen, jos hän saa mielivaltaisesti päättää.

Kankainen lisää, että tämän vuoksi laatua mitataankin kriteeriluetteloiden ja mittaavien normien avulla. Nämä apuvälineet on laadittu yhdessä asiakkaiden ja urakoitsijoiden edustamien tahojen kesken, jotta näkökulmat on saatu sovitettua yhteen. Kankaisen mukaan tämä on kuitenkin vain laadun minimitaso.

Karkeasti ottaen korkeampi laatu tarkoittaa korkeampia kustannuksia urakoitsijalle. Mikäli urakoitsija pyrkii toimimaan taloudellisesti kannattavasti, sen tulee pitää kustannukset pieninä suhteessa työstä saatuun korvaukseen. Työstä saatu korvaus on yleensä asiakkaan kanssa ennalta sovittu, kuten rakennustyön laatukin. Urakoitsijan kannattaa taloudellisessa mielessä noudattaa ennalta sovittua minimilaatua.

Rakennusalan yleisten sopimusehtojen YSE-1998 1§ 3. kohta sisältää seuraavan lauseen: ”Urakoitsijan tulee suorittaa sopimuksenmukainen tehtävänsä ammattitaidolla noudattaen voimassa olevia rakentamista koskevia säädöksiä ja hyvää rakentamistapaa.” Hyvä rakennustapa esitetään rakennusalan ohjeissa ja normeissa.

YSE-1998 27§ 1. kohta toteaa seuraavasti: ” Työntulos tai sen osa, joka työn aikana todetaan sopimuksen mukaisia vaatimuksia vastaamattomaksi, on urakoitsijan korjattava tai korvattava uudella suorituksella.”

Jos ohjeita ja normeja laiminlyödään, siitä aiheutuu urakoitsijalle lisäkustannuksia, koska työsuoritus on korjattava. Joissain tapauksissa voidaan YSE-1998 mukaan sopia urakoitsijan hyvittävästä arvonalennuksesta. Urakoitsijan on siis taloudellista optimaalisuutta tavoiteltaessa parasta suorittaa työnsä ohjeiden ja normien mukaisesti.

2.3 Ohjekirjojen esittely

Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena käsittelee betoni- ja luonnonkivituotteiden käyttöä päällysrakenteena. Siinä esitetään suunnittelijoille ja rakentajille kootusti rakenteiden suunnitteluperusteet, tuotteet, tuotteiden laatuvaatimukset, rakentamishjeet ja valmiin rakenteen laatuvaatimukset.

Lyöntipaalutusohjetta LPO-2005 noudatetaan paalutustöissä, joissa käytetään poikkileikkaukseltaan massiivisia 250 x 250 mm² - 350 x 350 mm²:n teräsbetonipaaluja tai halkaisijaltaan vähintään 150 mm:n puupaaluja. Paalutusohjeista kirjoitettiin tutkimushetkellä uutta versiota. Uusi versio kokoaa eri paalutyypit samaan teokseen ja on Eurokoodien mukainen. Uusi versio ilmestyy vuonna 2010.

MaaRYL 2000 on hyvän rakennustavan kirjallinen kuvaus, joka korvaa rakennushankkeesta toiseen samansisältöisinä toistuvat laadunmääritykset. Se ohjaa niin suunnittelijaa kuin rakentajaakin laadukkaaseen lopputulokseen työssään.

Pohjarakennusohjeet PRO täydentää ja selventää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B3 käyttöä. RakMK:n määräysosat ovat velvoittavia ja muu aineisto määrittelee hyvää rakentamistapaa.

Talonrakennuksen maarakenteet sisältää talon- ja aluerakentamisessa esiintyvät tavalliset maarakennustyöt. Se on Talo 90 rakennusosa- ja työnosanimikkeistön mukainen.

Talonrakennuksen routasuojausohjeet on VTT:n laatima ja ympäristöministeriön sekä alan yritysten rahoittama teos. Se sisältää kattavasti ohjeita routasuojauksen suunnitteluun ja rakentamiseen.

Viheralueiden suunnittelun, rakentamisen ja hoidon tekniset ohjeet, VTO-98 sisältää kattavasti nimensä mukaiset aiheet.

2.4 Pätemisjärjestys

Oikeaa ohjetta etsittäessä tärkeää on huomata asiakirjojen pätemisjärjestys. Rakennusalan yritysten välisissä urakoissa noudatetaan pääsääntöisesti Rakennusalan yleiset sopimusehdot YSE-1998 -nimistä asiakirjaa. Siinä määritellään urakkaa koskevien asiakirjojen pätemisjärjestys seuraavasti:

"A. Kaupalliset asiakirjat

- a) urakkasopimus;
- b) urakkaneuvottelupöytäkirja;
- c) nämä yleiset sopimusehdot;
- d) tarjouspyyntö ja ennen tarjouksen antamista annetut kirjalliset lisäselvitykset;
- e) urakkaohjelma tai muut sopimuskohtaiset urakkaehdot;
- f) urakkarajaliite;
- g) tarjous;
- h) määrä- ja mittaluettelot;
- i) muutostöiden yksikköhintaluettelo.

B. Tekniset asiakirjat

- j) työkohtaiset laatuvaatimukset ja selostukset;
- k) sopimuspiirustukset;
- l) yleiset laatuvaatimukset ja työselostukset."

"Jos jonkin edellä mainitun yksittäisen sopimusasiakirjan tai -asiakirjaryhmän määräykset ovat keskenään ristiriitaisia, pätee viimeksi laadittu samanarvoinen asiakirja. Ellei pätevyysjärjestys tällä perusteella ratkea, tilaajalla on urakoitsijaa kuultuaan oikeus ratkaista, mitä niistä on noudatettava."

On huomionarvoista, että järjestys voi olla muukin, mikäli urakkasopimuksessa niin määrätään. Pohjarakennesuunnitelma sijoittuu kohtaan j) työkohtaiset laatuvaatimukset ja selostukset. Sopimuspiirustukset ovat suunnitelmapiirustuksia, jotka on liitetty urakkasopimukseen. Ohjeet ja normit sijoittuvat vasta viimeiseksi kohtaan l) yleiset laatuvaatimukset ja työselostukset.

3 Kaivu, louhinta ja paalutus

3.1. Kaivu

3.1.1 Yleistä kaivusta

MaaRYL 2000:ssa todetaan kaivutöistä seuraavaa: ”Kaivanto kaivetaan rakennusosien ja niihin liittyvien toimenpiteiden vaatimassa ja asiakirjojen määräämässä laajuudessa. Putkien, johtojen, kaapelien ja laitteiden sijainti selvitetään ennen työn aloittamista. Työn aikana esille tulevien, töitä haittaavien tai vaurioitumisvaarassa olevien johtojen ja laitteiden vaatimista toimista, kuten johtojen siirroista ja suojauksista sekä tarkepiirustuksista, sovitaan rakennuttajan, johtojen ja laitteiden tiedossa olevien omistajien sekä tarvittaessa viranomaisten kanssa.”

Koska varsinkin kaupunkialueella kaivettaessa maassa saattaa aina olla joitain putkia, johtoja, kaapeleita tai laitteita, on asia todella selvitettävä ennen kaivutyöhön ryhtymistä. YSE-1998 2§:n mukaan urakoitsijalle kuuluu myös urakkaan kuulumattomien rakennusosien ja ympäristön suojaaminen työstä aiheutuvasta vahingoittumisesta.

RIL 132-2000 Talorakennuksen maarakenteissa (2008) ohjeistetaan lisäksi kaapeleiden lähellä kaivusta: ”Kaapelit on ennen konekaivutyötä kaivettava lapiotyönä tarpeelliseksi katsottavista kohdista näkyviin kaapelin suunnan ja syvyyden varmistamiseksi. Kun nämä seikat on selvitetty, on konekaivuetäisyys kaapelin päällä ja sivuilla 0,2 m. Konekaivussa kaapelien välittömässä läheisyydessä tulee käyttää kaivuvaiheeseen sopivaa kauhaa. Konekaivua ei saa ulottaa 1,5 metriä lähemmäksi merkittyjä kaapelireittejä ilman em. toimenpiteitä. Talviolosuhteissa kaapeleiden läheisyydessä kaivaminen edellyttää jäätyneen maaperän sulattamista.”

MaaRYL 2000:ssa vaaditaan ilmoittamaan viipymättä rakennuttajalle, mikäli maaperän laatu ja rakenne tai vesiolosuhteet poikkeavat asiakirjoissa ilmoitetuista.

RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeissa (2005) muistutetaan laadunvarmistustoimenpiteistä: ”Työ- ja laatusuunnitelman työsuunnitelmaosassa rakentaja esittää pohjarakenteiden rakentamisen yksityiskohtaisesti ja laatusuunnitelmaosassa laadun varmistamiseksi tehtävät valvontaraportit ja suorituspöytäkirjat sekä mittaukset sisältäen mittaustavat, mittaustarkkuuden ja mittausten määrät.”

Samasta aiheesta jatketaan: ”Pohjarakennustöiden laadunvalvonnan järjestäminen erittäin vaativissa (AA) ja vaativissa (A) kohteissa esitetään työ- ja laatusuunnitelmassa, joka on osa rakennustyön tarkastusasiakirjaa. Suunnitelma esitetään riittävän ajoissa ennen työvaiheen aloittamista. Laadunvarmistuksesta huolehtii pohjarakennustöiden työnjohtaja, jolla täytyy olla pohjarakenteiden vaativuusluokan mukainen pätevyys.”

Työ- ja laatusuunnitelmaa käsitellään Pohjarakennusohjeiden muillakin sivuilla:

”Pohjarakennustyön laadun ja kelpoisuuden selvittämiseksi on työn aikana pidettävä kustakin yksittäisestä työsuorituksesta riittävän yksityiskohtaista suorituspöytäkirjaa asianmukaisine mittaus- ja havaintotuloksineen. Työ- ja laatusuunnitelmana esitetään, miten, millä tarkkuudella ja kuinka usein suunnitellun laadun saavuttamiseksi mitataan. Työ- ja laatusuunnitelmassa esitetään myös vaadittujen suorituspöytäkirjojen mallit.”

Lisäksi kerrotaan suunnitelmien vaatimuksista: ”Pohjarakennesuunnitelmassa annetaan yksityiskohtaiset ohjeet kaivannon rakentamisesta ja työvaiheista, mm. kaivannon tilantarpeesta, kaivannon seinämien tuennasta tai luiskaamisesta, kaivannon pohjalle tai luiskiin tehtävistä maarakenteista ja kaivannon kuivanapidosta.”

3.1.2 Alueen kaivanto

Talonrakennuksen maarakenteissa esitetään liikennealueen päällysrakennekerrosten alle jäävälle valmiille leikkauspohjalle sallitut enimmäispoikkeamat suunnitelmista osoitetuista mitoista taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1: Liikennealueen alusrakenteen toleransseja (RIL 132-2000 Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

		Laatuluokka	
		I	II
Yläpinnan leveys	mm	päälle tuleva rakenne	
Yläpinnan taso	mm	-50...100	-100...0
Pinnan epätasaisuus	mm/5 m	-100...0	-150...0
Leikkausluiskan epätasaisuus	mm/5 m	-50...0	-100...0

Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) jatketaan työtapaohjeilla: ”Alusrakenteen pinta kallistetaan avo- ja/tai salaojiin päin vähintään kaltevuuteen 1 %. Siirtymäkiiloille kaivetaan tilat suunnitelmissa osoitettuihin paikkoihin. Kaivun aikana kiilan sijainti tarkistetaan maasto-olosuhteiden mukaan siten, että kiilan syvin kohta tulee alusrakenteen vaihtumiskohtaan. Kaivun yhteydessä esille tulevat noin 10 m² kokoiset kallio-osat ja suurimmalta läpimitaltaan yli 0,5 m olevat lohkaaret poistetaan routimattomissa olosuhteissa 1,0 m syvyyteen saakka. Kuoppa täytetään pohjamaalla ja tiivistetään sitä vastaavaksi päällysterakenteen alapinnan tasolle.”

Kanaaleista kirjoitetaan talonrakennuksen maarakenteissa seuraavaa: ”Kaivannon pohjan minimileveys on 0,6 m, kun kaivannon syvyys on $\leq 1,5$ m ja vastaavasti 0,8 m, kun kaivannon syvyys on $> 1,5$ m. Putken ympärystäytystä varten tulee putken sivuille jäädä tilaa viereisiin putkiin ja kaivannon seiniin nähden vähintään 200 mm (kahden rinnakkaisen viettoviemärin väliin kuitenkin vähintään 300 mm), ellei suunnitelmissa muuta määrätä. Muhveja ja laippoja ei

oteta huomioon mittoja määrättäessä.” Kanaali on nämä ehdot huomioon ottaen rakennettava mahdollisimman kapeaksi.

Sama teos opastaa vielä kanaalin kaivusta: ”Painumisominaisuuksiltaan huomattavasti erilaisten maakerrosten tai kallion ja kokoonpuristuvan maakerroksen rajakohdassa ulotetaan kaivu siirtymäkiilan rakentamiseksi vähintään 0,5 m normaalin kaivutason alapuolelle. Kiilan kaltevuus on enemmän kokoonpuristuvan maakerroksen puolella 1:5 tai loivempi.” Lisäksi on otettava huomioon kaivojen tilantarve. Betonikaivon ympärille on voitava asentaa vähintään 500 mm ja muovikaivon ympärille vähintään 300 mm levyinen ympärystäyttö.

3.1.3 Rakennuskaivanto

Rakennuskaivannon kaivusta aloitetaan Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) seuraavaan tapaan: ”Valmiin leikkauspohjan taso saa poiketa suunnitelmien mukaisesta tasosta -100 mm...+0 mm. Jos maanvastaisen lattian salaojituserros tulee suoraan leikkauspohjan päälle, saa poikkeama olla kuitenkin enintään -50 mm...+0 mm.”

Lattian aluskaivusta muistetaan mainita vielä: ”Ellei suunnitelmissa muuta ilmene, ulotetaan kaivu vähintään 200 mm lattian tai sen alapuolisen eristeen alapuolelle. Sivusuunnassa kaivannon pohjan tulee ulottua vähintään 200 mm anturan tms. reunan ulkopuolelle. Vaadittavat työtilat esim. muotin purkua varten tulee ottaa huomioon.” Muottitöiden vaatimasta tilasta ei tässä teoksessa ole mainittu tarkempia numeerisia arvoja. Tämä voisikin olla potentiaalinen kiistan aihe, sillä tilantarve muottitöissä on tapauskohtaista.

Mikäli kaivu ulottuu kallionpintaan saakka, kehoitetaan Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) poistamaan pintamaat konetyötarkkuudella vähintään 1,0 metrin etäisyydelle perustusten ulkopuolelle (silloin kun rakennus perustetaan kallion päälle ilman louhintaa).

Samassa kirjassa ohjeistetaan kallistamaan huonosti vettä läpäisevä leikkauspohja salaojiin päin vähintään kaltevuuteen 1 % salaojavesien johtamiseksi pois alapohjan alta. Pohja tulee muotoilla siten, että siihen ei jää vettä kerääviä painanteita.

Perustusten kaivusta taas kerrotaan näin: ”Välittömästi perustamistason yläpuolella olevan maan loppukaivu tehdään maalajista riippuen vähintään 200 mm syvyydeltä varovasti lapiotyönä tai konetyönä tasateräisellä kauhalla siten, että pohjamaa suunnitellun perustamistason alapuolella säilyy mahdollisimman luonnonmukaisena. Loppukaivu tehdään juuri ennen perustusten rakentamista. Jos pohjamaa on hyvin häiriintymisherkkä tai kivinen, ulotetaan yleiskaivu vähintään 200 mm suunnitellun perustamistason alapuolelle. Kaivannon pohjalle asennetaan kuitukangas ja sen päälle levitetään ja tiivistetään sora- tai sepelikerros. Ylikaivua voidaan pienentää korvaamalla em. kerros vähintään 50 mm paksulla suojabetonilaatalla.” Lieneekö suojabetonin käyttäminen taloudellisesti perusteltua tämänhetkisillä betonin hinnoilla?

Salaojakaivannoista Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) neuvotaan: ”Rakennuspohjan salaojakaivannot tehdään yleensä perustusten kaivutöiden yhteydessä. Perustuskaivannot

tehdään niin leveiksi, että rakennuksen ulkopuoliset salaojat ja tarkastuskaivot ja –putket voidaan rakentaa ja tarkastaa senkin jälkeen, kun rakennuksen maanalainen osa on tehty. Salaojakaivannot kaivetaan siten, että salaojaputken alle jää tasauserrosta ja sivuille ympäristäyttyä varten tilaa vähintään 100 mm.”

3.1.4 Luiskattu kaivanto

Pohjarakennusohjeiden (2005) mukaan ” Luiskattujen yli 2 metriä syvien kaivantojen vakavuus on tarkistettava vakavuuslaskelmilla.” Tätä matalammissa kaivannoissa voidaan käyttää Talonrakennuksen maarakenteissa esitettyjä luiskien kaltevuuksia, jotka voi tarkistaa taulukosta 2. Koheesiomaille kaivettavien kaivantojen raja-arvot on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 2: Tukemattoman kaivannon ohjeelliset luiskakaltevuudet karkearakeisissa maissa sekä moreenissa ja karkeissa silttimaissa (RIL 132-2000 Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

Luokka	Maapohja	Kaivannon syvyys		
		h<1,2 m	1,2<h<2,0	h>2,0 m
		Luiskan kaltevuus		
I	Löyhä ja keskitiivis siltti Löyhä ja keskitiivis hiekka Löyhä sora Löyhä moreeni	Pystysuora	1:2,5...1:1 riippuen maa-aineksen laadusta ja ominaisuuksista	
II	Tiivis siltti *) Tiivis hiekka Keskitiivis sora Keskitiivis moreeni *)	Pystysuora	< 2:1...3:1	< 1:1...2:1
III	Tiivis sora Tiivis moreeni	Pystysuora	< 4:1...5:1	< 3:1...4:1

*) Mikäli kaivu tapahtuu pohjavedenpinnan tuntumassa tai sen alapuolella, on käytettävä luokan I mukaisia kaltevuuksia

Taulukko 3: Tukemattoman, lyhytaikaisen kaivannon suurin syvyys ja luiskan kaltevuus koheesiomaissa (RIL 132-2000 Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

Luokka	Maapohja	Luiskan kaltevuus					
		5:1	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3
		Suurin kaivussyvyys [m]					
IV	Hyvin pehmeä savi ($s_u=7\ldots 10$ kPa)	-	-	-	1,7	1,9	2,1
V	Pehmeä Savi ($s_u=10\ldots 20$ kPa)	1,6	1,7	1,9	2,3	2,5	2,7
VI	Sitkeä Savi ($s_u>20$ kPa)	2,0	2,5	3,0	3,2	3,7	4,0

(s_u = pienin mitattu suljettu leikkauslujuus)

Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) jatketaan luiskatun kaivannon ohjeita: ”Kaivu tehdään suunnitelmien mukaan siten, että edellytetty varmuus murtumista vastaan säilyy kaikissa olosuhteissa. Luiskan kaltevuutta valittaessa otetaan maalajin lisäksi huomioon ainakin seuraavat olosuhdetekijät:

- kaivannon aukioloaika
- routiminen
- roudan sulaminen
- pitkäaikainen sade
- pohjaveden korkeus ja suotautuminen
- liikenteen, louhinnan, paalutuksen yms. aiheuttama värinä.”

Kaivumassat on taloudellista kuormata suoraan kuorma-auton lavalle. Mikäli kaivumassat läjitetään tilapäisesti kaivannon reunalle, ne eivät saa aiheuttaa kaivannon luiskan sortumisvaaraa. Talonrakennuksen maarakenteiden (2008) mukaan kaivannon reunan vapaa vyöhyke on aina vähintään 0,5 m kaivannon luiskan yläreunasta ulospäin, mikäli se on olosuhteisiin nähden mahdollista.

3.2. Louhinta

3.2.1 Yleistä louhinnasta

Louhinta on työvaihe, johon työmaalla on paneuduttava aina tarkasti. Aiheen laajuuden ja yksityiskohtaisten normien vuoksi tässä työssä louhinnasta on poimittu vain yleisimpiä asioita.

Pohjarakennusohjeissa (2005) aiheen käsittely aloitetaan näin: ”Louhinta tehdään pohjarakennesuunnitelman ja kirjallisen louhintasuunnitelman mukaan siten, ettei siitä aiheudu vahinkoja eikä tarpeetonta liikalouhintaa. Suunnitelmat on pidettävä ajan tasalla ja niitä on tarvittaessa muutettava työn aikana”

Onnistuneesti toteutetun louhinnan jälkeen louhinnasta vastaavan on vielä MaaRYL 2000:n mukaan laadittava asiakkaalle luovutettavat toteumapiirrokset, joissa esitetään kalliolaatu, toteutunut louhintapinta, lujitusrakenteet ja tiivistystoimet. Ohjeet kalliotietojen taltiointiin ovat VTT:n tiedonannossa 25. Pienessä kohteessa tämä saattaa tuntua liioitellulta, mutta toki asiakkaalla on oikeus sitä vaatia.

3.2.2 Suunnitelmat

Kirjan mukaan louhintasuunnitelma sisältää tiedot porauksesta, käytettävistä räjähdystarvikkeista, sytytyksestä, panostamisesta, tarpeellisesta peittämisestä ja räjäytysajankohdista. Tämän lisäksi louhinta-alueelta selvitetään tarpeellisessa laajuudessa räjäytettävän kohdan ominaisuudet, kuten maakerroksen ja kallion laatu ja rakenne. Louhintasuunnitelmaan on olemassa valmiita lomakepohjia, mutta se on täytettävä aina kohdekohtaisesti. Joissain lähteissä käytetään myös nimityksiä räjäytysuunnitelma tai työsuunnitelma. Ratu 13-0249 Louhinta -kortin (2003) mukaan louhintaurakoitsija hyväksyttää louhintasuunnitelman päätoteuttajalla.

Räjäytystöitä tehdessä tarvitaan Ratu 13-0249:n (2003) mukaan seuraavia lupia ja ilmoituksia:

- räjähdystarvikkeiden ostolupa
- räjähdystarvikkeiden varastointilupa
- ANOn valmistuslupa
- eräissä kaupungeissa räjäytystylupa tai vuorotylupa
- räjäytystyön johtaja nimettävä vähäistä suuremmissa räjäytystöissä
- ilmoitus mahdollisesti terveyttä vaarantavasta työstä, eli ns. pölyilmoitus
- meluilmoitus
- räjäytystyöstä ilmoitus poliisille vähintään seitsemän vuorokautta ennen työn aloittamista. Ilmoituksesta tulee käydä ilmi
 - räjäytystyömaan sijainti
 - työmaan arvioitu kesto aika
 - käytettävien räjähteiden lajit

- räjäytystyön johtajan nimi ja yhteystiedot
- räjähteiden säilytys- ja varastopaikat.

Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) louhinnan yleisperiaatteita käsitellään näin: ”Louhinta tehdään suunnitelmien mukaan huolellisesti kallion laatuun sopivia työmenetelmiä ja räjähdysaineita käyttäen siten, ettei synny ryöstymiä eikä teoreettisen louhintaprofiilin ulkopuolelle jäävä kallio tarpeettomasti rikkoonnu. Louhinnassa syntyvä suurin sallittu lohkokoko määritellään suunnitelmissa. Ennen louhintatöiden aloittamista pidetään louhinnan arvioidulla vauriovaikutusalueella katselmus, joka käsittää tärinäherkälle alttiiden rakennusten, rakenteiden ja laitteiden tai näiden osien katselmukset. Olemassa olevat vauriot merkitään muistiin ja tarvittaessa ne valokuvataan tai videoidaan. Katselmus uusitaan louhintatöiden jälkeen.”

Talonrakennuksen maarakenteiden (2008) mukaan vaikutusalueen laajuutta arvioitaessa on otettava huomioon mm. louhinnassa käytettävä momentaaninen räjähdysainemäärä, alueen pohjasuhteet, alueella olevien rakennusten ikä ja kunto sekä mahdollisten tärinäherkkien laitteiden, kuten ATK-laitteiden, sijainti. Mikäli lähistöllä sijaitsee sairaala tai tutkimuslaitos on oltava tarkkana. Lisäksi kaikenlaista ympäristön häirinnän minimointia korostetaan (Talonrakennuksen maarakenteet 2008).

3.2.3 Alueen kalliokaivannot

Ennen louhintaa maakerrokset poistetaan konetyötarkkuudella vähintään 1,0 metrin etäisyydelle louhittavan alueen teoreettisen rajan ulkopuolelle. Mikäli louhitaan näkyviin jäävä, yli 1,0 m korkea luiska, ja suunnitelmissa ei ole muuta esitetty, tulee kaltevuuden olla 2:1. Matalammissa luiskissa käytetään maaluiskakaltevuutta. Luiskien alareunoihin tulee louhia vähintään 0,8 m leveät sivuojat, joiden pohja on vähintään 200 mm päällysrakenteen alapinnan alapuolella (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).

Liikennealuerakenteissa kallion pinta louhitaan sivuoihin viettäväksi (Pohjarakennusohjeet, 2005).

3.2.4 Rakennuksen kalliokaivannot

Pohjarakennusohjeiden (2005) mukaan louhinnan yhteydessä varmistettavia asioita ovat ainakin anturapohjien vaakasuoruus, kallion tasalaatuisuus ja se, että rakennusten alle ei jää vettä kerääviä painanteita. Kaltevat kalliopinnat voidaan tarvittaessa porrastaa.

Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) painotetaan huomioimaan lisäksi, ettei teräviä kalliokynsiä jää pilareiden alle. Kalliokynsiillä on ilmeisesti pystysuoraa halkeilua edistävä vaikutus pilareihin.

Rakennuskaivanto louhitaan yleensä normaalilouhintana niin leveäksi, että salaojat ja tarkastuskaivot voidaan rakentaa senkin jälkeen, kun rakenteet ovat valmistuneet. Lisäksi tulee ottaa huomioon lattian alle tulevan salaojituskerroksen vaatima tila. Louhittu pohja käsitellään

siten, ettei kuivatustason yläpuolelle synny vettä kerääviä painanteita (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).

Riittävään suoruuteen otetaan kantaa Talonrakennuksen maarakenteissa (2008): ”Ellei suunnitelmissa muuta tarkkuutta esitetä, normaalilouhinnassa louhintaprofiili saa poiketa teoreettisesta profiilista -100...+400 mm ja tarkkuuslouhinnassa -50...+200 mm ([+] tarkoittaa yllilouhintaa ja [-] louhintavajausta).” Mitat koskevat sekä alueen että rakennuksen kalliokaivantoja. Anturoiden ja salaojien kohdalla louhintavajausta ei kuitenkaan sallita.

3.2.5 Kanaalit

Kanaalin päällä olevat maakerrokset poistetaan konetyötarkkuudella 0,5 metrin etäisyydelle kanaalin teoreettisesta reunasta ja louhinta tehdään normaalilouhintana (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).

Kallioon louhittavan kanaalin mitoista selkeimmin kerrotaan MaaRYL 2000:ssa. Sen minimileveys on 0,8 metriä tai 1,0 metriä, mikäli kanaalin syvyys on yli 1,5 metriä. Putkien ja johtojen vaatima tila tarkistetaan niitä koskevista normeista, ja tällöin tulee muistaa myös kaivojen vaatima tila.

3.3 Paalutus

3.3.1 Yleistä paalutuksesta

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu Lyöntipaalutusohje LPO-2005:tä, joka vanhentuu keväällä 2010 kun uusi paalutusohje julkaistaan.

Paalutustyö on erikoiskalustoa ja -osaamista vaativaa, joten se teetetään monesti aliurakkana. Tällöin tilaavana osapuolena olevan työnjohtajan tärkeimmät tehtävät ovat suunnitelmien tarkastus ja valmiin työn vastaanotto. Paalutustöitä johtaa vastuullinen työnjohtaja, joka voi olla rakennustyön vastaava työnjohtaja tai erikseen hyväksytty erityisalan työnjohtaja (Rakennusmääräyskokoelma B3 2004, 2003). Tällaisen henkilön nimeäminen on syytä varmistaa.

”Paalutustyönjohtajalla tulee yleensä olla useamman vuoden pituinen käytännön kokemus paalutustöistä ja riittävät teoreettiset tiedot. Riittävät tekniset tiedot voidaan yleensä katsoa olevan henkilöllä, joka on suorittanut teknillisessä oppilaitoksessa tai ammattikorkeakoulussa rakennusalan tutkinnon tai joka osallistumalla alan koulutustilaisuuksiin tai muulla vastaavalla tavalla on hankkinut paalutustöissä tarvittavat perustiedot.

Jollei edellä mainittu paalutustyönjohtaja ole jatkuvasti työpaikalla, pitää hänen alaisenaan toimia työnjohtaja, joka on hyvin perehtynyt kulloinkin suoritettavana

olevaan paalutustyöhön. Tällöin apulaisena toimivan työnjohtajan on kuitenkin aina voitava olla yhteydessä paalutustyönjohtajaan neuvoja saadakseen.”

(Lyöntipaalutusohje LPO-2005)

Paalun lyöminen voi vaurioittaa olemassa olevia rakenteita yleensä kahdella tavalla. Paalu voi osua johonkin rakenteeseen tai lyöminen aiheuttama värinä saattaa olla rakenteille vahingollista. Työ aiheuttaa myös kovaa melua, joka voi olla haitallista ympäristölle. Tällaiset seikat huomioon ottaen on paalutettavan kohteen ympäristössä järjestettävä mahdollisesti katselmus ja määritettävä katselmuksen vastuuosapuoli (Lyöntipaalutusohje LPO-2005).

Ennen töiden aloittamista on syytä tarkastaa, että pohjatutkimusraportista löytyvät seuraavat tiedot, jotka siinä tulee esittää:

- maanpinnan korkeus kaikissa tutkimuspisteissä sidottuna johonkin tunnettuun korkeusjärjestelmään
- täytemaakerrosten paksuus, laatu ja läpäistävyys
- pehmeiden, löyhien tai häiriintymisalttiiden maakerrosten sijainnit ja ominaisuudet
- paaluja asennettaessa tiivistyvät maakerrokset
- jokaisen mahdollisen kantavan kerrostuman sijainti ja paksuus
- tiedot suurista kivistä, lohkeista tai muista paalutustyötä vaikeuttavista ja paaluja vaurioittavista esteistä, jotka voivat vaatia erityisiä työkaluja läpäisyyn tai poistamiseen
- sellaisten maakerrosten sijainnit, laajuudet ja paksuudet, jotka ovat herkkiä paalutustyön tiivistävästä tai tärisevästä vaikutuksesta johtavalle veden suotautumiselle tai huokosvedenpaineen kohoamiselle
- orsi- ja pohjavedenpintojen eri tasot vaihtelualueineen sekä tiedot paineellisesta pohjavedestä
- tiedot erityisen vettä johtavista kerroksista
- selvitys maaperän tai pohjaveden aggressiivisuudesta, mikäli on epäiltävissä, että se on poikkeuksellisen suurta ja voi siten vaikuttaa haitallisesti paalujen betoniin tai teräksiin
- tiedot jätetäytöistä ja saastuneista maakerroksista. (Lyöntipaalutusohje LPO 2005)”

Paalutustöistä tulee laatia kohdekohtainen työ- ja laatusuunnitelma, jossa esitetään työtavat ja koneet, joilla saavutetaan pohjarakennesuunnitelmassa esitetyt vaatimukset. Työ- ja laatusuunnitelma laaditaan kirjallisena selvityksenä sekä kuvina ja se jätetään rakennushankkeeseen ryhtyneen tai hänen edustajansa tarkastettavaksi ennen paalutustyöhön ryhtymistä.

Rakennusmääräyskokoelma B3 2004:ssä (2003) ohjeistetaan laatimaan toteumapiirustus, josta selvittää paalujen sijainti, koko, perustamistaso ja paaluissa käytetyt varusteet.

3.3.2 Paalutuksen toleranssit

Mikäli jostain syystä paalua ei voida lyödä aivan suunniteltuun asemaan Lyöntipaalutusohje LPO-2005 toleranssien puitteissa, tulee siitä mainita paaluperustuspiirustuksissa ja paalutustyöselityksessä.

"Yksittäinen paalu, paalulaatan tai paaluhatturakenteen paalu saa poiketa teoreettisesta sijaintipaikastaan enintään 100 mm. Talonrakentamisen paaluperustuksissa suurin sallittu sijaintipoikkeama on 150 mm. Rivin painopisteen sijaintipoikkeama riviin nähden kohtisuorassa suunnassa saa olla enintään 50 mm. Paaluriviksi käsitetään pitkänomaisen anturan alla olevat paalut, kun paaluja on vain yksi kappale poikkileikkauksessa." (Lyöntipaalutusohje LPO 2005)

"Teräspaalun keskilinja saa poiketa suorasta linjasta neljän metrin matkalla paalutusluokassa I enintään 5 mm, paalutusluokassa II enintään 7 mm ja paalutusluokassa III enintään 10 mm." (MaaRYL 2000)

Edellä mainituista toleransseista ei ollut lähdeaineistossa valmiita havainnollistamiskuvia, mutta sellaiset selventäisivät asiaa. Tiivistetyissä ohjeissa paalutustoleranssit olisi hyvä esittää kuvan muodossa.

4 Täyttö

4.1 Yleistä täytöstä

Käytettävän materiaalin laadulla on täyttötyössä suuri vaikutus työn lopputulokseen. MaaRYL 2000:ssa perusvaatimukset on tiivistetty seuraavasti: "Täyttömateriaali täyttää kohteen routivuus-, rakeisuus- ja vedenläpäisevyysvaatimukset. Tiivistettävissä maarakenteissa käytettävä materiaali ei sisällä savea, puu- tai raivausjätteitä, jäätä, lunta tai muita haittaavia aineksia tai jätteitä."

Toleranssien tiukkuus vaihtelee eri rakenneosien mukaan. On selvää, että perustusten alapuolinen rakenne tehdään huolellisemmin kuin nurmikonpohja. Työmenetelmiä on ohjeistettu tarkasti ja talvityöstä on annettu erikoisohjeet Talonrakennuksen maarakenteissa (2008).

Suunnitelmissa voidaan esittää täyttö- ja pengerrystavat, joita rakenteeseen käytetään. Talonrakennuksen maarakenteissa esitetään kolme tapaa: kerrospengerrys, kiilapengerrys sekä päätypengerrys.

Kerrospengerrys tehdään yleensä penkereen tasausviivan suuntaisina kerroksina. Kerralla levitettävän ja tiivistettävän kerroksen paksuuden tulee olla sellainen, että kerros saadaan käytettävällä tiivistyskalustolla riittävän tiiviiksi. Jos täyttö tehdään sellaiselle pohjamaalle, joka saattaa normaalia tiivistystapaa käyttäen häiriintyä, on ensimmäisen täyttökerroksen paksuuden oltava suhteessa tiivistyskoneen tehoon. Ko. kerros voidaan rakentaa normaalia paksumpana tai tiivistää ilman täyttämistä.

Kiilapengerrys eli kiilamainen päätypengerrys tehdään etenemissuuntaan 1:4 tai tätäkin loivemmassa kaltevuudessa olevina kerroksina. Kerrospaksuus ja tiivistystyön määrä valitaan kuten kerrospengerryksessä. Kiilapengerrys tulisi tehdä yhdistelmäkoneella, joka samalla levittää ja tiivistää. Kiilapengerrys on suositeltava täytteen rakentamistapa talvella.

Päätypengerryksessä nostetaan kerralla täytteen pinta sovittuun tasoon. Kuormat puretaan valmiin penkereen päälle etureunasta mitaten 5...10 m etäisyydelle, josta ne puskemalla siirretään päädystä alas."

Täyttö tulee tiivistää siten, että suunnitelmissa esitetyt kantavuus- tai tiiviysvaatimukset täyttyvät. Suunnitelmissa kuitenkin ei aina esitetä tällaisia vaatimuksia ja silloin käytetään Talonrakennuksen maarakenteissa ilmoitettuja arvoja tai täytön päälle tulevan rakenteen arvoja. Tiivistettyihin ohjeisiin voisi koota edellä mainitut arvot taulukkomuotoon.

4.2 Täyttötyö talviolosuhteissa

Talvella tehtävä täyttötyö on hankalaa, mutta mahdollista. Pakkanen voi helposti jäädyttää maan huokosissa olevan veden, jolloin maa-aineksen ominaisuudet muuttuvat negatiiviseen

suuntaan. Maata on hankalampi käsitellä, se laajenee ja löyhtyy myöhemmin sulaessaan. Jäätynneen maan päälle rakentamisen ikävät seuraukset voivat tulla ilmi vasta maan sulaessa kuukausien kuluttua. Kaikkien normien mukaan perustamistasossa jäätymään päässyt maa on sulatettava ja tiivistettävä uudelleen ennen perustusten rakentamista.

Toisaalta Pohjarakennusohjeissa (2005) on seuraava maininta: ”Vaikeissa pohjaolosuhteissa piha-alueille ja kantavien alapohjien alle sijoittuvia maatayttöjä voidaan poikkeuksellisesti tehdä myös jäätynneen maan päälle, jos odotettavissa olevista painumista ei ole kohteen käyttötarkoituksen huomioon ottaen haittaa.”

Talonrakennuksen maarakenteissa (2008) talvirakentamisesta annetaan tarkkoja ohjeita. Lämpötilan laskiessa $+0\text{ }^{\circ}\text{C}$:n alapuolelle täyttötöissä tulee noudattaa seuraavia periaatteita. Täyttömateriaalissa ei saa olla lunta, jäätä, jäätynettä maakokkareita tai muita jäisiä materiaaleja. Käytettävän materiaalin tulee olla mahdollisimman kuivaa. Hiekka- ja sorapitoisilla materiaaleilla vesipitoisuuden tulisi olla alle 3 %. Hienorakeisia ja runsaasti hienoainesta sisältäviä maita ei tulisi käyttää talvella.

Jäätynneelle lumiselle tai jäiselle alustalle ei saa levittää täyttömateriaalia. Tällainen alusta puhdistetaan huolellisesti ja sulatetaan tai mieluiten leikataan pois juuri ennen täyttöä. Keinotekoisesti sulatettu maa tiivistetään ennen täytön tekemistä. Tarvittaessa tulee pohtia tarvetta tiivisyksmittauksille. Vedellä tai höyryllä sulattamista tulee välttää talviolosuhteissa. Talvella täyttötyö on tehtävä välittömästi kaivun ja rakenteiden asentamisen jälkeen.

Tiivistettävät kerrokset pidetään ohuina, mieluiten 30 - 60 % ohuempina kuin kesällä. Materiaali tiivistetään mahdollisimman raskaalla kalustolla heti täytön jälkeen. Seuraava kerros rakennetaan heti tiivistetyn kerroksen päälle.

4.3 Perustukset ja alapohja

Perustusten ja lattian alle tehtävä täyttö vaatii erityistä tarkkuutta. Käytettävälle materiaalille annetaan tiukkoja vaatimuksia, jotka pitää täyttää. Materiaalin tulee olla routimatonta, karkearakeista maata, louhetta tai mursketta. Suurin sallittu raekoko on 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. ”Materiaalin tulee olla sekarakeista, rapautumatonta ja hyvin rapautumista kestävä.” (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008) Edellistä seikkaa ei varmaankaan täysin ymmärretä tai sitä ei pidetä tärkeänä työmaalla. Toisaalta tässä asiassa työmaalla toimivat työnjohtajat joutuvat luottamaan materiaalintoimittajaan.

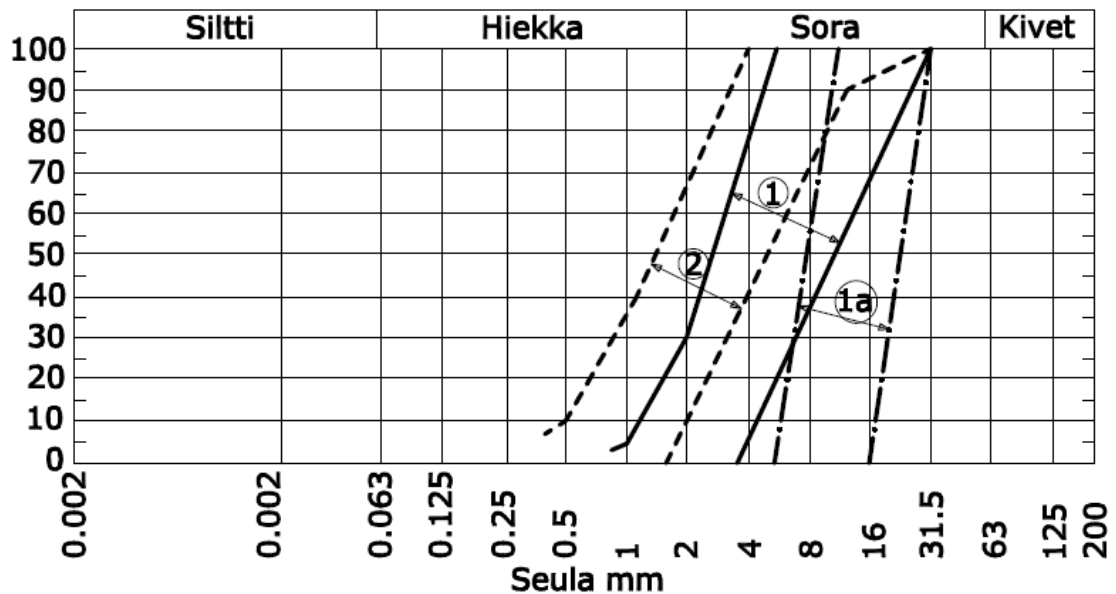
Täyttömateriaalin rakeisuusarvoille on annettu määräyksiä, mutta niiden tutkiminen vaatii laitteistoa, jota työmaalla ei ole. Rakeisuuskäyrä voidaan tarvittaessa mittauttaa konsultilla, joka kertoo, täyttyvätkö vaatimukset.

Salaojituserroksen alapuolisen täyteen pinta ja perustusten alapuolisen täyteen pinta saa poiketa suunnitelmista korkeusasemassa $-50\text{...}+0\text{ mm}$. Perustusten alapuolisen täyteen toleranssit on monesti myös saatettu kirjata kaupallisiin asiakirjoihin tätä ohjetta tiukemmiksi.

Salaojituskerroksen yläpinnan taso saa poiketa -20...+40 mm (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).

Perustuksien kohdalle tulee rakentaa vähintään 100 mm paksu tasauskerros sorasta, murskeesta tai soramurskeesta (#0...60 mm), mikäli on kyseessä maamateriaalitäyttö. Louhetäytön yhteydessä käytetään mursketta tai soramursketta (#0...60 mm). Tasauskerros ja talon alle jäävä muu täyttö tiivistetään samalla kerralla.

Maanvastaisen ja ryömintätilallisen lattian alle rakennetaan vähintään 200 mm paksuinen salaojituskerros. Huomion arvoinen on RIL vuonna 2009 julkaisema rakeisuuskäyrä (kuvio 1.), jossa esitetään lattian alusmateriaaliksi käytännössä sepeliä #6...16. Mikäli salaojituskerroksen alla oleva maaperä läpäisee huonosti vettä, kallistetaan maaperän pinta 1 % veden johtamiseksi pois rakennuksen alta. Lattian alla olevan salaojituskerroksen tulee olla yhteydessä rakennusta ympäröivään salaojituskerrokseen. Kuitukankaan tai suodatinkerroksen tarpeellisuus tulee esittää suunnitelmissa.



1: Perusmuurin vierustäyttö

1a: Alapohjan alapuolinen täyttö

2: Piha-alueen salaojitus

Kuvio 1. Salaojituskerroksen rakeisuusvaatimukset (RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus, 2009)

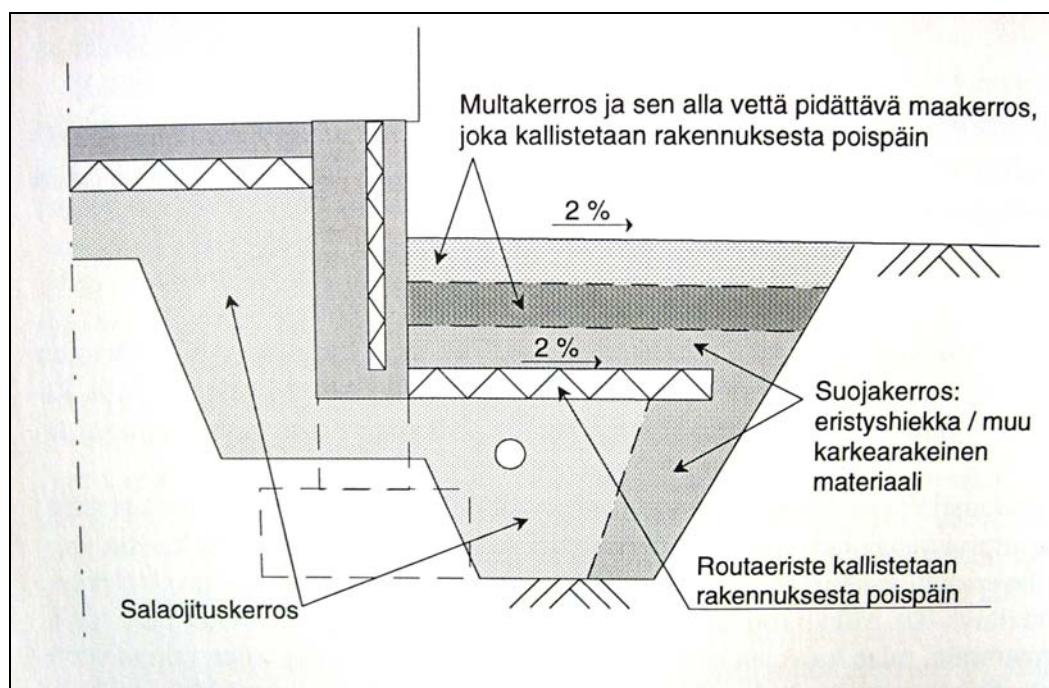
4.4 Vierustäyttö

Perusmuuria vasten tuleva salaojituskerros rakennetaan rakennuspohjan salaojitusmateriaalista ja muusta hyvin vettä läpäisevästä routimattomasta materiaalista. Suurin sallittu raekoko perusmuurin vieressä on #100 mm. Täyttömateriaali ei saa vaurioittaa perusmuurin ulkopinnassa olevaa vedeneristettä tai muuta rakennetta. Lähes aina perusmuurin pinnassa on EPS-eristelevy, joka joutuu koville käytettäessä suurinta raekokoa.

Perusmuurin salaojitukseen voidaan kivimateriaalin sijasta käyttää myös teollisia tuotteita, kuten perusmuurilevyä. Täytön pinnalle tulevaan loppuosaan voidaan käyttää tiivistettävissä olevia kaivumaita, mikäli vierustäytön kuormitusolosuhteet sen mahdollistavat.

Jos suunnitelmista ei muuta ilmene, perusmuuria vasten tehdään 200 mm paksu salaojituseros, jonka tulee olla välittömässä yhteydessä rakennusta ympäröiviin salaojiin (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).

Vierustäyttöä rakennettaessa siihen asennetaan usein myös vaakasuuntaiset routaeristelevyt. Levyt kallistetaan vähintään 2 %:n kaltevuuteen pois päin rakennuksesta, ja niiden tulee olla vähintään 300 mm:n syvyydessä. Mikäli eristeen kohdalla on liikennekuormitusta, se tulee ottaa huomioon. Tällaiseen paikkaan voidaan valita kokoonpuristuvuusarvoiltaan parempi levy.



Kuvio 2: Matalaperustuksen routasuojauksen periaatteet (Talonrakennuksen routasuojausohjeet, 1997)

Valmiin vierustäytön pinta kallistetaan rakennuksesta pois päin kolmen metrin matkalla vähintään 5 %. Ryömintätilallisen alapohjan vieressä maanpinnan tulee olla 150 mm alempana tuuletusaukon alareunaa. Edellisten vaatimusten ja pihan muotoilun välillä esiintyy usein ristiriitaa, joten rakentamisessa joudutaan tekemään kompromisseja.

4.5 Johtokaivanto

Johtokaivannon täyttö jakaantuu alku- ja lopputäyttöön. Alkutäyttö rakennetaan routimattomasta materiaalista suojaamaan johtoja. Alkutäyttöä on käsitelty tarkemmin kohdassa 5 Putki ja johtoasennus. Johtokaivantoa ei täytetä kokonaan alkutäyttömateriaalilla vaan loppuosa voidaan rakentaa halvemmasta materiaalista.

Lopputäyttöön voidaan käyttää kaivannosta poistettuja kaivumaita. Näin kaivanto toimii ympäröivän maan kanssa routimistilanteessa samalla tavalla. Tässä tapauksessa edullisempi, paikalta valmiiksi saatava materiaali voi olla jopa parempaa. Muualta tuodun materiaalin routimisominaisuuksien tulee vastata kaivannosta poistettua maata. Mikäli kaivanto sijaitsee liikennöitävällä alueella, tulee lopputäyttömateriaalin olla hyvin tiivistyvää kivennäismaata.

Lopputäyttömateriaalissa olevien kivien ja lohcareiden maksimiläpimitta on 400 mm. Toisaalta se voi olla pienempikin: kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta 2/3 (Talonstrakennuksen maarakenteet, 2008).

Liikennöitävällä alueella lopputäyttö rakennetaan rakennekerrosten alapintaan asti. Täytön tiiviyttä mitataan 20...50 metrin välein, kuitenkin vähintään kerran työkohteen aikana. Tiiviyden vaatimukset ovat samat kuin päälle tulevalle rakenteella.

Mikäli routivalla pohjalla olevan kaivannon lopputäyttö rakennetaan routimattomasta materiaalista, tulee rakentaa siirtymäkiilat ja routaeristeet, jotka osoitetaan suunnitelmissa. Louhetta käytettäessä pinta tulee kiilata pienikokoisella louheella tai karkealla murskeella (Talonstrakennuksen maarakenteet, 2008).

4.6 Liikenne- ja piha-alue

4.6.1 Yleistä liikenne ja piha-alueesta

Liikenne- ja piha-alueille joudutaan yleensä tekemään penkereitä ja rakennekerroksia. Urakan kaupallisissa asiakirjoissa voidaan vaatia InfraRYL:n käyttämistä tällaisiin alueisiin, mutta tässä työssä se on rajattu käsittelyn ulkopuolelle.

4.6.2 Penkereet

Maapenkereen materiaalina voidaan käyttää I ja II luokissa kaikkia tiivistettävissä olevia kivennäismaita savea lukuun ottamatta. Maapenkereeseenkin käytettävän materiaalin suurin lohcarekoko on 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Vaikka penkereeseen voidaan käyttää monenlaista maata, tulee materiaalin täyttää kantavuusvaatimukset. Penkereen pinta tasataan yläosaan tulevalle materiaalilla.

Luokkaan III kuuluvat penkereet tulevat lähinnä kasvillisuus- ja oleskelualueiden alle. Niihin saa käyttää lähes kaikkia maita, kunhan täyttö voidaan läjittää ja tiivistää. Täytemaassa ei kuitenkaan saa olla kasvillisuutta haittaavia aineita.

Louheesta rakennetussa alle 3 m:n korkuisessa penkereessä lohcareiden suurin sallittu läpimitta on 600 mm. Korkeammissa penkereissä kokoa ei muutoin ole rajoitettu, paitsi että penkereen ylimmät 1,5 metriä tulee rakentaa kuten matala penger.

Valmiista maapenkereestä tehdään tiiviyskokeet 1000 m² kohti tai vähintään jokaisesta kerralla tiivistettävästä kerroksesta. Valmiin penkereen tiiviys todetaan tekemällä vähintään 1 koe/1000

m² tai kerralla tiivistettävä kerros. Louhepenkereen kantavuusmittaus tulee ilmetä suunnitelmista (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).

Valmiista penkereestä otetaan tarkemitat suunnitelmien mukaisesti. Mittapisteinä käytetään penkereen reunoja sekä taitepisteitä. Pinnan muoto mitataan 5 metrin oikolaudalla 20 metrin välein. Mittoja verrataan alla olevien taulukoiden 3 ja 4 toleransseihin.

Taulukko 3: Maapenkereen mittojen toleranssit (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

		Laatuluokka		
		I	II	III
Yläpinnan leveys	mm	0...150	0...250	-
Yläpinnan taso	mm	± 20	± 20	-
Pinnan epätasaisuus	mm/5 m	20	50	-

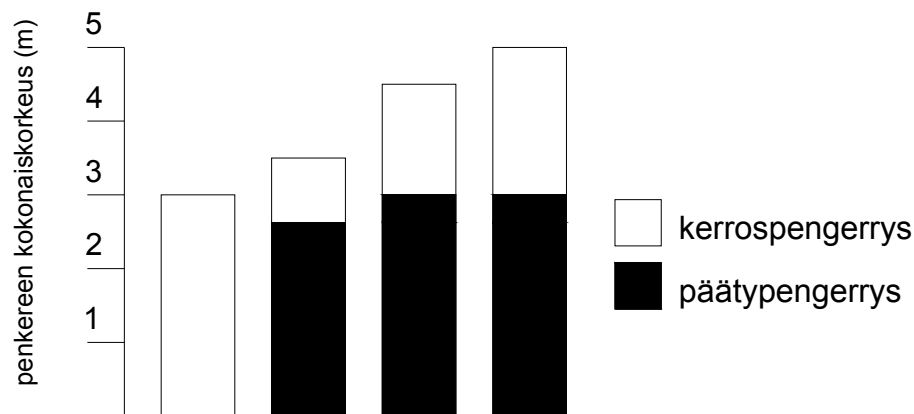
Taulukko 4: Louhepenkereen mittojen toleranssit (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

		Laatuluokka		
		I	II	III
Yläpinnan leveys	mm	0...150	0...250	-
Yläpinnan taso	mm	-50...0	-100...0	-
Pinnan epätasaisuus	mm/5 m	50	50	-

Pengertä rakennettaessa voidaan käyttää kahta eri tekniikkaa: kerros- ja päätypengerrystä. Kerrospengerryksessä penger kasataan ohuissa kerroksissa samalla tiivistäen. Se on hidasta, koska kerros pitää muotoilla esimerkiksi kaivinkoneella. Toisaalta lopuksi on saatu aikaan tiivis penger. Päätypengerryksessä kärjistäen ajateltuna materiaali kipataan auton lavalta valmiin penkereen jatkoksi ja pinta tasataan esimerkiksi puskukoneella. Työ käy joutuisasti, mutta rakenteesta ei tule yhtä tiivistä kuin kerroksittain täyttäen.

Alle 3,0 m korkea maapenger tulee rakentaa kerrospengerryksenä. Tätä korkeampi penger voidaan rakentaa 75 % päätypengerryksenä ja loput 25 % kerrospengerryksenä.

Päätypengerryksenä rakennettu osuus ei saa kuitenkaan olla yli 3,0 m korkea. Kuviossa 3 on havainnollistettu sääntöä.



Kuvio 3: Penkerein kokonaiskorkeuden mukaan määräytyvät rakennustavat maapenkereelle

Tiivistettyyn ohjeeseen voisi laatia maapenkerein rakennustapojen säännöstä esimerkkitaulukon, jota voisi nopeasti verrata työmaalla rakennettavaan penkereeseen. Kerroksittain rakentaessa kerroksen paksuus valitaan tiivistyskaluston tiivistyskyvyn mukaan enimmäispaksuuden ollessa kuitenkin 0,7 m. Mikäli maapohja ei kannata tiivistyskaluston painoa, tästä säännöstä voidaan kuitenkin poiketa ensimmäisen kerroksen osalta.

Penger ja sen päälle tulevat rakennekerrokset tehdään normaalisti erikseen, mutta jos pengerkorkeus on alle 0,3 m, voidaan ne tehdä samalla kertaa päällysrakennemateriaalista.

Louheesta rakennettu penger voidaan rakentaa puskemalla louhekasaa penkerein jatkoksi. Tällöin pienempiläpimittaiset lohkariekat kiilaavat penkerein pinnan tiiviiksi. Pehmeälle pohjamaalle pengertä rakennettaessa louhe saattaa sekoittua pohjamaahan. Tällöin on alle 2,0 m:n korkuisten louhepenkereiden alle rakennettava 300 mm paksu suodatinkerros tai käytettävä kuitukangasta.

Louhepenkerein sivut luiskataan kaltevuuteen 1:1, ellei suunnitelmissa muuta esitetä. Mikäli luiskaus on loivempi, voidaan loivennus tehdä maapenkerein luiskissa käytettävillä materiaaleilla.

4.6.3 Rakennekerrokset

Rakennekerroksia tutkittaessa tärkeimmät huomiot kiinnittyivät kantavan kerroksen rakennusohjeisiin sekä valmiin rakenteen mittatoleransseihin. Rakennekerrosten eri toleranssit ja ohjeet kiristyvät sitä mukaa, kun kuljetaan lähemmäs pintaa.

Suodatinkerrokseen käytettävän materiaalin suurin raekoko on 50 mm. Valmiin rakenteen mittatoleranssit on esitetty taulukossa 5.

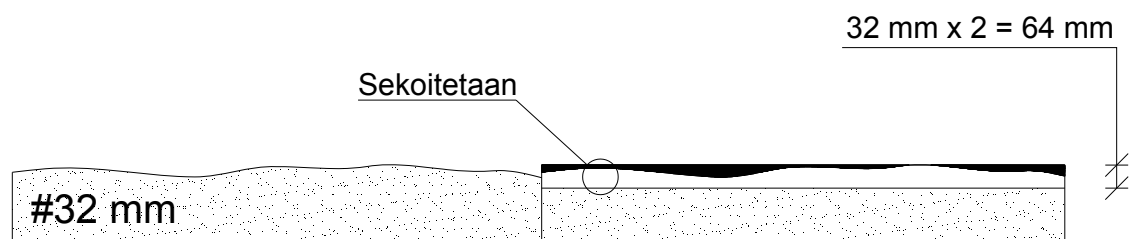
		Laatuluokka	
		I	II
Yläpinnan leveys	mm	0...150	0...250
Yläpinnan taso	mm	± 50	± 100
Pinnan epätasaisuus	mm/5 m	50	50

Jakavaan kerrokseen käytettävän materiaalin suurin raekoko on 150 mm. Jakava kerros on yleensä 150 - 300 mm paksu, joten maksimiraekoko saa toisaalta olla vain puolet kerrospaksuudesta. Valmiille jakavalle kerrokselle esitetyt mittatoleranssit on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6: Jakavan kerroksen mittatoleranssit (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

		Laatuluokka	
		I	II
Yläpinnan leveys	mm	0...150	0...250
Yläpinnan taso	mm	± 20	± 20
Pinnan epätasaisuus	mm/5 m	20	50

Kantava kerros on noin parikymmentä senttiä paksu murskekerros, joka sijaitsee yleensä pintakerroksen alla ja on täten tehtävä tarkasti. Kantava kerros tulee tehdä yhtenä kerroksena. Monesti käy niin, että tiivistyksen jälkeen rakenteessa huomataan mittavirheitä ja ne korjataan lisäämällä tai poistamalla materiaalia. Tällöin tiivistetty kerros tulisi sekoittaa lisämateriaalin kanssa, jotta kerroksen rakeisuus ei vaihtelisi. Seoksen paksuus tulee olla kaksi kertaa kiviainekseen maksimiraekoko. Asia on havainnollistettu kuviossa 4, jossa esitetään 200 mm paksun kantavan kerroksen vajauksen korjaaminen.



Kuvio 4: Kantavan kerroksen pintamateriaali tulee sekoittaa lisämateriaalin kanssa

Kantavaan kerrokseen käytettävän materiaalin suurin raekoko on 25...65 mm, kuitenkin enintään puolet kerrospaksuudesta. Kantavan kerroksen mittatoleranssit on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7: Kantavan kerroksen mittatoleranssit (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

		Laatuluokka	
		I	II
Yläpinnan leveys	mm	0...150	0...250
Yläpinnan taso	mm	± 20	± 20
Pinnan epätasaisuus	mm/5 m	20	20
Kerrospaksuuden alitus	mm	≤ 10	≤ 20

5 Putki- ja johtoasennus

5.1 Yleistä putki- ja johtoasennuksesta

Taloa rakennettaessa maahan asennetaan vesi-, sähkö- ja kaukolämpöjohtoja sekä jätevesi-, hulevesi ja salaojaputkia.

Putki- ja johtoasennuksessa tärkeitä seikkoja ovat oikeat kallistukset, pohjan huolellinen tiivistys, tarvikkeiden varovainen käsittely sekä roudan huomioon ottaminen. Tutkimuksen tekijä on ollut mukana korjaamassa edellä mainituista seikoista johtuneita putkivaurioita.

Pitkäkestoisissa hankkeissa huolimaton työ tulee monesti esiin jo ennen työn valmistumista ja silloin maksaja löytyy helposti. Syvällä maassa olevat putkirakenteet ovat kalliita korjata ja korjaus syö urakan katetta. Normit ohjaavat rakentajaa välttämään tällaisia korjauksia, mikäli tämä niitä noudattaa.

Kuten sanottua, hyvälle perustalle on turvallista rakentaa. Putket ja johdot asennetaan yleensä murskeesta tai sorasta rakennetun pohjan, arinan päälle. Arinan pinta tasataan hienolla murskeella eli tasauserroksella. Putki asennetaan tasauserroksen varaan ja sen päälle laitetaan putkea ympäröivä ja suojaava alkutäyttö, joka on hienoa mursketta tai hiekkaa. Tämän alkutäytön päälle tuleva täyttö on nimeltään lopputäyttö, josta on kerrottu enemmän johtokaivantojen täytön yhteydessä.

”Putkirakenteita ei saa rakentaa veteen eikä jäätyneen maan varaan. Putkirakenteet rakennetaan kaivoväli kerrallaan tarkastuskuntoon, jolloin putkijonon on oltava kokonaan näkyvissä ja tarkastettavissa ennen peittämistä. Putken yläpää suljetaan riittävän tiiviisti, jos se ei pääty tarkastuskaivoon tai –putkeen. Työn aikana väliaikaisesti avoimeksi jäävä putken pää peitetään tukkeutumisen estämiseksi.”

”Suoraan pohjamaalle perustettaessa kaivannon pohjalle kaivetaan tarpeelliset syvennykset muhveille ja laipoille. Mahdollinen kaivannon pohjan liikakaivu tasataan kaivumailla tai alkutäyttömateriaalilla enintään 100 mm kerroksissa hyvin tiivistäen.”

”Suunnitelmissa määrätyissä paikoissa putken alle tehdään vähintään 150 mm paksuinen tasauserros. Muhveja ja laippoja ei oteta huomioon tasauserroksen paksuutta määrättäessä. Erityyppisten arina- ja perustusrakenteiden päälle tehdään aina tasauserros lukuun ottamatta kiviainesarinaa, jos arinan materiaalit vastaavat alkutäyttömateriaalia.”

Edelliset lainaukset olivat Talonrakennuksen maarakenteista (2008). Samassa teoksessa on annettu putkirakenteiden tasauserrokseen ja alkutäyttöön käytettävälle materiaalille vaatimuksia raekoon suhteen. Betoniputkia asennettaessa materiaalin tulee täyttää taulukon 8 arvot.

Muoviputkillä suurin sallittu raekoko on 10 % putken ulkohalkaisijasta, kuitenkin enintään #60 mm. Teoksessa oli maininta, jonka mukaan murskattuja kiviaineksia voidaan käyttää putkelle, jonka ulkohalkaisija on vähintään 110 mm. Murskeen suurin raekoko tällöin on #16 mm.

Ilmeisesti tätä pienempien putkien kanssa tulee käyttää hiekkaa tai ehdot täyttävää soraa. Tiivistettyihin ohjeisiin voisi laatia taulukon muoviputkille sopivista materiaaleista taulukon 8 tapaan.

Taulukko 8: Betoniputkien yhteydessä käytettävien materiaalin suurimmat raekoot (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

Putken sisä-Ø	Tasauskerros	Alkutäyttö
Ø ≤ 300 mm	#32 mm	#64 mm
Ø > 300 mm		#100 mm

Mikäli asennetaan muusta materiaalista valmistettuja putkia, noudatetaan valmistajan ohjeita. Kaikki putket asennetaan huolellisesti suunnitelman mukaiseen asemaansa ja varotaan rikkomasta niitä. Vesijohto sekä vietto- ja paineviemäri saa poiketa vaakatasossa ±100 mm sekä vesijohto ja paineviemäri korkeussuunnassa ±100. Tulee kuitenkin huomioida, etteivät putkien väliset vähimmäisetäisyydet alitu. Lisäksi viettoviemärin sivupoikkeama suorasta linjasta saa olla enintään mielivaltaisesti valitun mittausmatkan 1/300-osa.

Viettoviemäreille sallitaan taulukon 9 mukaiset korkeus- ja kaltevuuspoikkeamat edellyttäen, että viemäriin ei jää vesipainanteita, kaivoon tulevan putken vesijuoksu ei ole lähtevän putken vesijuoksua alempana ja putken pituuskaltevuus peräkkäisten kaivojen välillä on suurempi kuin 0.

Taulukko 9: Viettoviemärille sallitut korkeus- ja kaltevuuspoikkeamat (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

Suunnitelman mukainen kaltevuus, %	Kaltevuuspoikkeama kaivovälillä enintään, %	Korkeuspoikkeama enintään, mm
>0,5	0,15	50
0,3...0,5	0,10	30
<0,3	0,10	20

Putkia asennettaessa ne tuetaan aluksi alimman neljänneskaaren osalta. Alkutäyttömateriaalin tulee jakaantua täyttötöön aikana tasaisesti putken molemmille puolille. Materiaali tiivistetään ja samalla varotaan liikuttamasta putkea sekä huolehditaan, että putki ei muuta muotoaan. Alkutäyttö ulotetaan putken selästä mitattuna lopputäyttömateriaalin suurimman lohkokarkoon mukaan, kuitenkin vähintään 300 mm. Tarvittaessa alkutäyttö erotetaan ympäröivästä rakenteesta sovellutusluokan 2 kuitukankaalla (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008). Tämä on yksinkertainen sääntö, eikä kaipaava havainnollistamista.

Putkien vapaa etäisyys toisiin putkiin, kaivoihin, rakenteisiin ja kaivannon seiniin voidaan taas mainiosti tiivistää kuvalliseen muotoon. Vapaan etäisyyden tulee olla vähintään 200 mm. Kahden vierekkäisen viettoviemärin vaakasuoraan mitattu vapaa etäisyys tulee kuitenkin olla vähintään 300 mm. Päällekkäisten putkien pystysuoraan mitattu vapaa etäisyys tulee olla 100 mm. Muhvien ja laippojen kohtia ei huomioida näissä mitoissa.

Joskus erilaisia putkia on kaivannossa montaa lajia ja tällöin voidaan kullekin putkelle käyttää omaa alkutäyttömateriaaliansa seuraavan ehdon toteutuessa. Putkien välinen pystysuoraan mitattu etäisyys tulee olla vähintään 500 mm ja alemman putken alkutäyttömateriaali ulotetaan tällöin 300 mm putken selän yläpuolelle. Suurissa hankkeissa tällä menettelyllä voidaan saavuttaa säästöjä, pienissä se voi aiheuttaa sekaannusta.

Putkikaivantoon voidaan rakentaa esteitä, mikäli siinä on odotettavissa veden haitallista virtausta. Näiden patojen paikat osoitetaan suunnitelmissa. Roudattoman syvyyden yläpuolella olevat vesijohdot routasuojataan lämpöeristein tai varustetaan lämmityskaapelein paikallisen vesilaitoksen ohjeiden mukaan (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).

”Paalutettujen rakenteiden vieressä tai kantavien alapohjien alla sijaitsevat putkijohdot ripustetaan tai tuetaan kantaviin rakenteisiin ja muualla sijaitsevat putkijohdot perustetaan paaluilla tai muu sopivalla tavalla, mikäli putkijohtojen painumat tai painumaerot tulisivat muulloin liian suuriksi (Pohjarakennusohjeet, 2005).” Mikäli tällaista asiaa ei ole huomioitu suunnitelmissa, kannattaa työmaalta olla yhteydessä suunnittelijaan. Valmiita ohjeita ei normeissa ollut vaan kyseessä on tapauskohtainen laskenta.

Putkitöiden valmistuttua viemärit ja vesijohto tarkemmitataan jokaisesta kaivo- yms. rakenneliittymästä sekä niiden välistä 20 m välein. Lisäksi mitataan jokainen suunnan ja kaltevuuden muutoskohta.

5.2 Kaivot ja tarkastusputket

Kaivot ja tarkastusputket tulee perustaa kuten niihin liittyvät putket. ”Betonikaivon ympärille tehdään vähintään 500 mm (kalliokanaalissa vähintään 300 mm) paksu ympärystäyttyö routimattomalla materiaalilla, jonka suurin sallittu raekoko on #64 mm. Tiiviysvaatimus on ≥ 95 %. Muovikaivon ympärille tehdään vähintään 300 mm paksu ympärystäyttyö routimattomalla materiaalilla. Rakeisuusvaatimus on sama kuin vastaavan kokoisen muoviputken. Tiiviysvaatimus on sama kuin ympäröivällä rakenteella (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).” Päällysterakennekerroksen kohdalla ympärystäyttyö tehdään rakennekerrosmateriaalilla.

Vesijohdon laitekaivon sijainti saa poiketa vaaka- ja pystyasemasta ± 100 mm. Muu kaivo saa poiketa vaaka-asemasta ± 100 mm ja pystyasemasta ± 5 mm. Pystysuora vinous saa olla enintään 10 mm/1 m. Liikennealueella kansi on 10 mm päällysteen alapuolella tai kannen kelluessa päällysteen varassa ne ovat samassa tasossa. ”Kaivonkansien tulee kestää raskaan liikenteen alueilla 400 kN, kevyen liikenteen alueilla 250 kN sekä nurmialueilla ja sisätiloissa 50 kN kuormitus (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).”

Kun kaivot ja tarkastusputket on asennettu, ne vielä tarkemmitataan ja kaivokortteihin kirjataan todelliset mittaustulokset.

5.3 Salaojat

5.3.1 Yleistä salaojista

Salaojia rakennettaessa tulee kiinnittää huomiota veden vapaaseen liikkuvuuteen salaojittavassa rakenteessa. Esimerkiksi rakennuksen alta poistuvan veden tulee kulkeutua salaojiin asti, eikä jäädä loukkuun anturoiden taakse. Salaojitusmateriaalin taas tulee pysyä paikallaan ja soran tai murskeen tyhjätilojen tulee pysyä puhtaana hienoaineksesta. Tätä voidaan edesauttaa käyttämällä kuitukankaita.

5.3.2 Alueen salaojitus

Salaojaputken vähimmäiskaltevuus on 0,5 %. Työ tehdään suunnitelmien mukaan, mutta suunnitelmissa esiintymätön este voidaan kiertää loivasti kaartaen. Putken vaakasuora poikkeama saa olla ± 200 mm ja pystysuora poikkeama ± 50 mm.

”Putkeen ei saa muodostua negatiivista kulmaa (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).” Negatiivinen kulma tarkoittaa ilmeisesti rakennetta, jossa putken kallistus muuttuu veden kulkusuunnassa pienemmäksi. Tällainen kohta kerää lietettä ja kuluttaa putken sisäpintaa.

”Salaojitussoran kelpoisuus todetaan kaikissa luokissa rakeisuustutkimuksella aina ennen työn aloittamista. Työn kestäessä tutkitaan vähintään 1 näyte/alkava 500 m³rtr erä (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).”

Routa otetaan huomioon käyttäen rakennuspohjan salaojituksen ohjeita, paitsi lumesta vapaana pidettävillä alueilla, joilla minimipeitesyvyysiin lisätään 0,5 m. Ohjetta voidaan kuitenkin soveltaa, mikäli rakennus tai kaukolämpöjohto pitää salaojaa sulana. Lisäksi peitesyvyyttä voidaan pienentää routasuojauksella.

5.3.3 Rakennuspohjan salaojitus

Salaoja rakennetaan suunnitelmien mukaan ja yleensä perustustapa on maanvarainen. Myöskään salaojaa ei saa rakentaa veteen, eikä jäätyneen maan varaan. Putki asennetaan vähintään 100 mm paksun salaojitussorakerroksen päälle ja putki ympäröidään salaojitussoralla. Ympäristäytö ulottuu vähintään 200 mm putken selän yläpuolelle ja 100 mm putken sivuille. Tarvittaessa suunnitelmissa voidaan esittää ympäristäytön erottamista maapohjasta kuitukankaalla tai suodatinhiekkakerroksella.

”Salaojituserroksen materiaalin laatu todetaan rakeisuustutkimuksella aina ennen työn aloittamista. Työn kestäessä tutkitaan vähintään 1 näyte/alkava 100 m³rtr erä, kuitenkin vähintään 1 näyte/työkohde (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).”

Salaoja tulee rakentaa kaivoväli kerrallaan tarkastuskuntoon, jolloin putkijonon on oltava kokonaan näkyvissä ja tarkastettavissa ennen peittämistä. Tämä on hyvä ja käytössä oleva tapa ja putken tarkastaa yleensä tasolaserilla rakennusmies. ”Putken yläpää suljetaan riittävän tiiviisti, jos se ei pääty tarkastuskaivoon tai -putkeen. Työn aikana väliaikaisesti avoimeksi jäävä putken pää peitetään tukkeutumisen estämiseksi (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).”

”Salaojaputken laen tulee olla

- vähintään 0,4 m viereisen tai yläpuolisen maanvastaisen lattiarakenteen tai lattianalaisen lämmöneristyslevyn alapinnan alapuolella
- anturan alapinnan alapuolella.

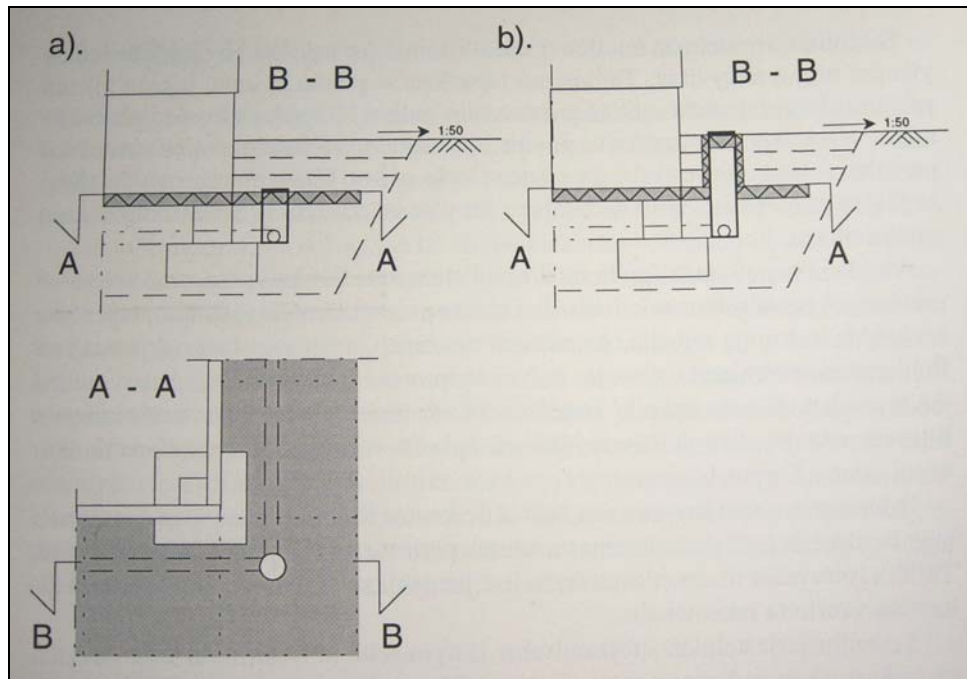
Edellä mainituista kohdista valitaan salaojaputken korkeusasemaksi se vaihtoehto, jota noudattamalla putki sijoittuu alemmaksi. Käytettäessä syvälle menevää perusmuuriperustusta voidaan salaojaputki sijoittaa anturan tai perusmuurin viereen, kuitenkin niin syvälle, ettei kosteuden kapillaarinen nousu perusmuurin yläosaan ole haitallista (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).”

Salaojaputket asennetaan yleensä rakennuksen ulkopuolelle. Etenkin syvälle maan sisään sijoittuvissa rakennuksissa putket asennetaan joskus rakennuksen sisäpuolelle. Tällöin maanvastaisen lattian tai lämmöneristyslevyn alapinnan ja putken selän väliin tulee jäädä vähintään 0,4 m paksu salaojituseroskerros. ”Jos salaojaputket sijaitsevat maanvastaisen lattian alla, tulee putken laen ja lattian tai lämmöneristyslevyn alapinnan väliin jäädä vähintään 0,4 m paksu salaojitussorakerros.

”Salaojakaivon tai -tarkastusputken kansi voidaan perustelluin syin jättää nurmikon tai soran alle, ei kuitenkaan koskaan asfaltin alle (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008).” Tällöin kannen olisi hyvä olla metallinen, jotta se löydettäisiin tarvittaessa metallinpaljastimella.

Salaojakaivot läpäisevät monesti rakennuksen ulkopuolisen routaeristeen ja näin ollen aiheuttavat kylmäsiltoja. Ongelma voidaan ratkaista lisäämällä eristettä kuvion 5 mukaisesti.

Lopuksi salaoja tarkemmitataan jokaisesta kaivo- yms. rakenneliittymästä sekä niiden välistä 10 m välein.



Kuvio 5: Salaojakaivon aiheuttaman kylmäsilän katkaiseminen (Talonstrakennuksen routasuojausohjeet, 1997)

6 Pintarakenne- ja kasvillisuustyö

6.1 Yleistä pintarakenne- ja kasvillisuustyöstä

Pintarakenteet ovat maarakenteista ne, jotka jäävät työn valmistuttua kaiken kansan nähtäville. Nurmet, pensasistutukset, puut ja kiveykset ovat vuosikymmeniä kertomassa rakentajan ammattitaidosta. Siksi niiden rakentamiseen tulisi kiinnittää huomiota.

6.2 Kasvualustat

Kasvualusta on maakerros, johon kasvit juurtuvat ja jossa ne kasvavat (Viheralueiden suunnittelun, rakentamisen ja hoidon tekniset ohjeet. VTO, 1998). Tavallisesti se on kasvualustavalmistajan valmistama multaseos, joka on suunniteltu viherrakentamiseen. Kasvualustaa ympäröivät pohjamaa ja rakenteet vaikuttavat sen kosteusolosuhteisiin. Kasvualustan oikea kosteus on tärkeää siinä kasvaville kasveille, koska siitä riippuu niiden menestys. Kasvualustan pohjalle ei saa jättää vettä kerääviä painanteita. Kasveille pyritään tekemään yhtenäinen ryhmäistutusalusta aina, kun se on mahdollista.

Pohjaa voidaan joutua muokkaamaan, mikäli se läpäisee liikaa tai liian vähän vettä. Louhe, sora ja hiekka kuivattavat kasvualustaa kun taas savi ja siltti pitävät sen liian märkänä. Tällaisissa tapauksissa kasvualustan pohjalle tulee rakentaa 150 mm paksu kerros, joka salaojittaa tai pidättää veden kulkua. Kasvualustan mittoina käytetään taulukon 10 arvoja.

Taulukko 10: Kasvualustan tilavuusmitat (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

Kasvityyppi	Yksittäisen kasvialustakuopan		Ryhmäistutuksen kasvialustan
	syvyys	halkaisija	syvyys
Puut	0,80	1,50	0,80
Pikkupuut	0,60	0,80	-
Pensaat	0,50	0,60	0,50
Puut kalliokaivannossa	1,50	2,50	-
Pensaat kalliokaivannossa	1,00	1,00	-

Nurmialueet jaetaan roomalaisin numeroin neljään luokkaan:

- I koriste- ja edustusnurmi
- II käyttönurmi
- III puisto- ja katunurmi
- IV luonnonnurmi.

Nurmialueen kasvialustan paksuus luokissa I ja II on 200 mm ja luokassa III 150 mm. Mikäli suunnitelmissa ei ole muuta esitetty, muotoillaan kasvialustan pinta kaltevuuteen 2 %. Valmiin

nurmen pinnan muoto saa poiketa suunnitelman mukaisesta enintään taulukon 11 ja taulukon 12 arvojen verran. Taulukko 12 on pätemisjärjestyksessä ensimmäinen.

Taulukko 11: Valmiin nurmen pinnan toleranssit (Talonrakennuksen maarakenteet, 2008)

		Laatuluokka	
		I	II
Istutusalueet	mm/2 m	±30	±60
Koristenuurmi (I) Käyttönuurmi (II)	mm/2 m	±20	±40
Puisto- ja katunuurmi (III)	mm/2 m	±30	±60
Luonnonnuurmi (IV)	mm/2 m	±50	±100

Taulukko 12: Nurmien ja istutusten kasvualustojen sallitut poikkeamat suunnitellusta perustasosta (MaaRYL 2000)

Tarkastuskohde	Koriste- nurmet mm	Käyttö- nurmet mm	Niitty- nurmet mm	Istu- tukset mm
Alusrakenteen tasauspinta	±50	±50	±50	±50
Kasvualustan tasauspinta	±20	±20	±50	±30
Rajat ja liittymät (vaaka- ja pysty- poikkeamat)	±20	±20	±50	±20

Pinnan sallitut poikkeamat mitataan 2 m:n oikolaudalla.

6.3 Betonikivipäällysteet

Betonikiveyksen perustana on yleensä kantava 0...25 tai 0...32 murskekerros, jonka päälle levitetään ohut asennushiekkakerros. Ennen kivityön aloittamista tarkistetaan murskekerroksen suunnitelmanmukaisuus korkeusaseman ja tasaisuuden osalta. Korkeusasema saa poiketa enintään ± 10 mm. Pinnan muoto saa poiketa suunnitelmasta 5 m oikolaudalla mitattuna 10 mm ja 2 m oikolaudalla mitattuna 5 mm.

Kantavan kerroksen epätasaisuus aiheuttaa epätasaisuutta myös valmiissa kiveyksessä, vaikka asennushiekalla olisi korjattu tilannetta. Tasaisuusvaatimus on hyvin ankara suhteessa murskeen kokoon ja se voidaan saavuttaa helpommin tasaamalla pinta 0...16 murskeella. Tällöin mursketta tulisi levittää tasaisena mattona, eikä vain paikata sillä kuoppia.

Asennushiekalle on annettu rakeisuuskäyrä MaaRYL 2000:ssa ja se on esitetty kuviossa 6. Usein asennuksessa käytetään hiekan sijasta kivituhkaa jonka rakeisuus on 0...8.

Kivien väliset saumat tulee olla ladontamallin mukaisia suoria linjoja, materiaalien pintojen tulee olla puhtaat eikä kivissä saa olla lohkeamia tai halkeamia. Kivien ladonta muuhun rakenteeseen liittyessä on tehtävä siten, että puolikaskiveä pienempää kiviä tulee välttää.

Tarkkuutta vaativaan toiseen rakenteeseen liittyvien pinnan osien sijainti- ja korkeuspoikkeama on enintään ± 20 mm. Muiden pinnan osien sijainnin ja korkeusaseman sallittu poikkeama on ± 50 mm. Pinnan leveyden poikkeama poikkileikkauksessa on ± 50 mm. Poikkeamista ei kuitenkaan saa aiheutua oleellista haittaa rakenteen toimivuudelle tai ulkonäölle.

Suunnitelman mukaisesta muodosta suurin sallittu poikkeama on 5 metrin oikolaudalla mitattuna 12 mm ja 2 metrin oikolaudalla mitattuna 5 mm (Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena, 1997). Toisaalta: ”Valmiin päällystyksen suurimmat sallitut poikkeamat suunnitellusta korkeusasemasta ja muodosta ovat pituussuunnassa 5 m matkalla mitattuna 30 mm ja poikkisuunnassa 3 m matkalla mitattuna 20 mm (MaaRYL 2000).” YSE 1998 mukaan viimeksi laadittu samanarvoinen asiakirja on pätemisjärjestyksessä korkeammalla, joten tässä tulee noudattaa MaaRYL 2000:n arvoja, jotka on esitetty myös taulukossa 14.

Päällysteen pinnalle ei kuitenkaan saa jäädä yli 2 mm syviä vesilammikoita. Vierekkäisten kivien korkeusero saa olla enintään 2 mm. Toisaalta jalkakäytävällä reunatukeen liittyvä kiveys tulee olla 3-5 mm reunatukea korkeammalla. Sadevesikaivon kansiston tulee olla 5-10 mm päällysteen alapuolella ja muun kansiston tulee olla 0-5 mm (Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena, 1997).

Taulukko 14: Valmiin päällystyksen suurimmat sallitut poikkeamat suunnitellusta korkeusasemasta ja muodosta. (Ei koske luonnonkivipäällystyksiä) (MaaRYL 2000)

	poikkeama korkeusasemasta	
	sitomaton alusta mm	sidottu alusta mm
päällystyksen korkeusasema		
– toisiin rakenteisiin liittyvät	20	20
– ei välitöntä liittymistä	50	50
päällystyksen tasaisuus		
– pituussuunnassa		
5 m:n matkalla mitattuna	30	20
– poikkisuunnassa		
3 m:n matkalla mitattuna	20	10
vierekkäiset kivet		
– tasoero viisteellisellä kivellä	2	2
– tasoero viisteettömällä kivellä	4	4
vierekkäiset laatat		
– tasoero	4	4

Asennushiekkakerroksen paksuus saa poiketa nimellisarvosta ± 10 mm. Reunatuen tai muun rakenteen ja betonikiveyksen välisen sauman leveys saa olla enintään 10 mm (korokkeilla 15 mm). Sauman tulee olla kuitenkin tasaleveä. Betonikivien näkyviin jäävän katkaisujäljen sallittu epätasaisuus on ± 2 mm. Päiden linjan tulee olla yhtenäinen ja sen rakenteen suuntainen, johon päällyste liittyy (Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena, 1997).

6.4 Luonnonkivipäälysteet

Luonnonkivipäälysteitä rakennetaan yleensä noppa-, nupu- ja kenttäkivistä. Ne ovat luonnonkivestä esivalmistettuja asennusvalmiita kappaleita, jotka sopivat painonsa puolesta käsin asennettaviksi.



Kuvio 7: Nupukiven asennus meneillään

Luonnonkivipäälysteen asennuspohjana käytetään asennushiekkakerrosta, ellei suunnitelmassa ole muuta esitetty. Asennushiekkakerroksen paksuus riippuu asennettavasta kivityypistä, mutta sen tulee olla tasainen. Kun kiven korkeus on 140 mm, käytetään 50 mm tiivistettyä hiekkaa. 90 mm korkealla kivellä käytetään 40 mm ja alle 90 mm korkealla 30 mm. Asennushiekkakerroksen paksuus saa poiketa nimellisarvosta ± 10 mm. Maakostean betonin paksuus saa poiketa nimellisarvosta ± 20 mm.

Alle 90 mm kokoiset noppakivet asennetaan aina maakostean betoniin, jonka kerrospaksuus on 100 mm. Noppakiven asennus tehdään aina kaariladontana pinnan leveyden ollessa yli 2 metriä, mikäli suunnitelmassa ei ole muuta osoitettu.

Kivien saumat täytetään saumahiekalla 0...8 mm ja kiveys tiivistetään tärylevyä käyttämällä. Tätä jatketaan, kunnes saumaushiekan painuminen lakkaa ja kivet eivät mainittavasti liiku.

Kivien väliset saumat tulee olla ladontamallin mukaisia suoria linjoja, materiaalien pintojen tulee olla puhtaat eikä kivissä saa olla lohkeamia tai halkeamia. Kivien ja laattojen katkaisujäljen on oltava näkyvältä särmältään ehjä ja suora liittyvän rakenteen tai sauman suuntaisesti.

Valmiin päälysteen pinta- ja korkeusasemavaatimukset ovat samat kuin betonikivillä. Nupu- ja noppakivipinnan suunnitelman mukaisesta muodosta sallittu poikkeama on 5 m oikolaudalla

mitattuna 12 mm ja 2 m oikolaudalla mitattuna 5 mm. Vanhoista kivistä tehtynä vastaavat arvot ovat 15 mm ja 7 mm. Päällysteen pinnalle ei kuitenkaan saa jäädä yli 2 mm syviä vesilammikoita.

Vierekkäisten nupu- ja noppakivien välinen korkeusero saa olla enintään 3 mm. Mittaerolla tarkoitetaan vierekkäisten kivien sivusärmien korkeuseroa. Reunatukeen liittyvä kiveys tulee olla 3 mm reunatukea korkeammalla. Sadevesikaivon kansiston tulee olla 5-10 mm päällysteen alapuolella ja muun kansiston tulee olla 0-5 mm. Reunatuen tai muun rakenteen ja nupu- tai noppakiven välisen sauman leveys saa olla enintään 10 mm (korokkeilla 15 mm)

6.5 Reunatuet

Betoninen reunakivi asennetaan maakostean betoniin, jonka lujuusluokka on K10. Reunakiven tulee tukeutua betoniin koko pituudeltaan ja leveydeltään. Maakostean betonin menekki on noin 30 - 50 litraa metrille.

Reunatukilinjassa sallitaan vaakasuunnassa enintään 50 mm:n ja pystysuunnassa 20 mm:n poikkeama suunnitelmista. Reunatuen liittyessä jo valmiiseen rakenteeseen poikkeamia liitoskohdissa ei sallita. Vierekkäisten reunatukien sivu- ja pystylinjassa sallitaan 2 mm korkea tasoero.

7 Johtopäätökset ja loppupäätelmät

Tutkimuksessa selvisi, että ohjeiden ja normien viidakko oli juuri niin sekava kuin miltä se ennen tutkimusta vaikutti. Viidakossa samoilemalla asiat kuitenkin alkoivat asettua loogisempaan järjestykseen. Tärkeintä on tietää teosten pätemisjärjestys, koska se määrittelee mitä teosta kulloinkin luetaan. On ajanhukkaa etsiä tietoa yhdestä kirjasta, jos toinen kirja on pätemisjärjestyksessä ylempänä.

Koska suunnitelma-asiakirjat ovat ohjeita ja normeja pätevämpiä, kannattaa tietyn asian selvittäminen aloittaa jo niistä. Mikäli suunnitelmissa ei oteta kantaa johonkin asiaan, voi sitä alkaa etsimään ohjekirjoista.

Kiitettävän moni toleranssi oli esitetty mitattavana suureena. Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää etupäässä tällaista aineistoa, koska se on selkeää ja nopealukuista. Toisaalta uutena asiana esille tulivat laajat työtapaohjeet varsinkin täyttötöiden yhteydessä.

Tutkimustyön kannalta kiitollinen lopputulos oli, että yrityksen sisäiset tiivistetyt pohjarakennusohjeet on mahdollista laatia. Oli myös mielenkiintoista huomata sähköisen aineiston vaivattomuus ja selausnopeus.

8 Jatkotoimenpiteet

Tämän tutkimuksen pohjalta on mahdollista laatia tiivistetyt ohjeet työmaalla toimiville mestareille. Mikäli ohjeet otetaan käyttöön, tulisi varmistaa niiden ajantasaisuus säännöllisesti. Paras keino ajantasaisuuden hallintaan olisi vastuuhenkilön nimeäminen. Vastuuhenkilö tutkisi muutoksia yrityksen solmimissa sopimuksissa ja selvittäisi uuden kirjallisuuden vaikutusta yrityksen pohjarakennusohjeisiin.

Lähitulevaisuudessa muutoksia moniin rakennusalan yleisiin ohjeisiin aiheuttavat mm. uudet euronormit. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattuja teoksia: InfraRYL 2006 ja KT 02 tulisi myös tutkia, koska niiden noudattamista usein vaaditaan pohjarakennesuunnitelmissa.

Tiivistettyjen pohjarakennusohjeiden tarkoitus olisi lisätä yhteisymmärrystä työmaalla toimivien tahojen kesken. Alan pelisäännöt ovat jo olemassa, mutta sääntökirjaa ei tällä hetkellä lueta. Sääntöjen noudattaminen antaa yrityksestä vastuuntuntoisen ja laadukkaan vaikutelman, mikä on aina positiivinen asia.

Tiivistettyyn pohjarakennusohjeeseen tulisi lisätä vain nopealukuisia toleranssiarvoja. Näin kokonaisuus säilyy selkeänä ja tiiviinä. Rakennustapaohjeet voi tarvittaessa lukea tästä tutkimuksesta. Tutkimus sisältää tärkeitä, mutta itsestään selviä ohjeita, jotka työmaalla jo tunnetaan.

Lähteet

B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma Pohjarakenteet. Määräykset ja ohjeet 2004

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista. Helsinki: 2003.

Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena. Suomen kuntatekniikan yhdistys, julkaisu 14.

1997. Forssa: Suomen Betonitieto Oy.

Kankainen, J & Junnonen, J. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot.

Rakennustieto Oy. Helsinki, 2001.

MaaRYL 2000. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen maatyöt. 2002.

Pirkan Kaivin Oy. [www-sivu]. [viitattu 22.1.2010] Saatavissa: <http://www.pirkankaivin.fi>

Ratu 13-0249. Louhinta. Menekit ja menetelmät. 2003. [pdf] Rakennustieto Oy

RIL 121-2004. Pohjarakennusohjeet. 2005. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 126-2009. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. 2009. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 132-2000. Talonrakennuksen maarakenteet. Yleinen rakennusselostus ja laatuvaatimukset. 2008. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 223-2005. Lyöntipaalutusohjeet LPO-2005. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RT 16-10660. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE-1998. 1998. Rakennustieto Oy.

Talonrakennuksen routasuojausohjeet. VTT Yhdyskuntatekniikka. 1997. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Viheralueiden suunnittelun, rakentamisen ja hoidon tekniset ohjeet. VTO '98. 1998. Helsinki: Suomen kuntatekniikan yhdistys ry, Viherympäristöliitto ry.